



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado

Facultad de Ingeniería Industrial

Unidad de Posgrado

Abastecimiento de gas licuado de petróleo (GLP).

Análisis causal de los factores que lo impactan

mediante análisis multivariable

TESIS

Para optar el Grado Académico de Doctor en Gestión de
Empresas

AUTOR

Beatriz Juana ADANIYA HIGA

ASESOR

Dr. Juan Manuel CEVALLOS AMPUERO

Lima, Perú

2019



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Adaniya, B. (2019). *Abastecimiento de gas licuado de petróleo (GLP). Análisis causal de los factores que lo impactan mediante análisis multivariable*. Tesis para optar grado de Doctor en Gestión de Empresas. Unidad de Posgrado, Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

CÓDIGO ORCID DEL AUTOR:

NO APLICA

CÓDIGO ORCID DEL ASESOR:

0000-0001-8612-9128

GRUPO DE INVESTIGACIÓN:

NO APLICA

**INSTITUCIÓN FINANCIADA
PARCIAL O TOTAL:**

NO APLICA

**UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA
INVESTIGACIÓN**

Lima - Perú.

**AÑO O RANGO DE AÑOS DE LA
INVESTIGACIÓN**

2000 - 2016

DNI 08235015



**UNIVERSIDAD NACIONAL
MAYOR DE SAN MARCOS**

Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA

UNIDAD DE POSGRADO

ACTA DE SUSTENTACIÓN N° 14-UPG-FII-2019

**SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO
DE DOCTORA EN GESTIÓN DE EMPRESAS**


En la ciudad de Lima, del día veintiocho del mes de agosto de dos mil diecinueve, siendo las once horas, en acto público se instaló el Jurado Examinador para la Sustentación de la Tesis titulada: **“ABASTECIMIENTO DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP). ANÁLISIS CAUSAL DE LOS FACTORES QUE LO IMPACTAN MEDIANTE ANÁLISIS MULTIVARIABLE”**, para optar el Grado Académico de Doctora en Gestión de Empresas.

Luego de la exposición y absueltas las preguntas del Jurado Examinador se procedió a la calificación individual y secreta, habiendo sido APROBADO con la calificación de diecinueve (Exceiente).


El Jurado recomienda que la Facultad acuerde el otorgamiento del Grado Académico de Doctora en Gestión de Empresas, a la **Mg. ADANIYA HIGA, BEATRIZ JUANA**.

En señal de conformidad, siendo las 12:00 horas se suscribe la presente acta en cuatro ejemplares, dándose por concluido el acto.


Dr. TINOCO GÓMEZ, OSCAR RAFAEL
Presidente


Dr. CHUNG PINZÁS, ALFONSO RAMÓN
Miembro


Dr. FLORES GUTIÉRREZ, JOSÉ OVIDIO
Miembro


Dr. PANTOJA CARHUAVILCA, HERMES YESSER
Miembro


Dr. CEVALLOS AMPUERO, JUAN MANUEL
Asesor

DEDICATORIA

A mi esposo Ernesto e hijos Angélica y Alejandro,
cuya paciencia, comprensión y apoyo permanente
me permitieron perseverar para lograr mi objetivo.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido concluida gracias a los conocimientos adquiridos durante el desarrollo del Programa de Doctorado en Gestión de Empresas por lo que estoy muy agradecida con todos los profesores quienes, con su crítica constructiva y consejos durante el desarrollo del Programa, contribuyeron a consolidar el conocimiento impartido. Un especial agradecimiento al Dr. Juan Cevallos, quien me dio la oportunidad de conocer las diferentes posibilidades de encausar la investigación utilizando diversas técnicas de análisis. A la Dra. María Lau, al Dr. Oscar Tinoco, al Dr. José Flores y al Dr. Alfonso Chung, quienes con sus consejos y sugerencias permitieron agregarle valor a la investigación.

Al Ing° Ricardo Rodríguez, quien me orientó en la aplicación de la Dinámica de Sistemas generando nuevo conocimiento al aplicarla al suministro de gas licuado de petróleo en el Perú.

Mi profundo agradecimiento a los ingenieros Carolina Lau, César Retuerto y Olver Rebaza, por su apoyo incondicional en la etapa de recolección y preparación de la información.

Finalmente, quiero agradecer a todas las personas que, con su entusiasmo y positivismo, me dieron el sustento espiritual para concluir esta investigación.

CONTENIDO

| | |
|---|------|
| DEDICATORIA..... | ii |
| AGRADECIMIENTOS..... | iii |
| CONTENIDO..... | iv |
| Lista de Tablas..... | vii |
| Lista de Figuras..... | ix |
| Lista de Acrónimos..... | xi |
| RESUMEN..... | xii |
| ABSTRACT..... | xiii |
| CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1 Situación Problemática..... | 4 |
| 1.2 Formulación del Problema..... | 20 |
| 1.3 Justificación..... | 23 |
| 1.4 Objetivos..... | 27 |
| 1.4.1 Objetivo General..... | 27 |
| 1.4.2 Objetivos Específicos..... | 27 |
| CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO..... | 29 |
| 2.1 Antecedentes de Investigación..... | 29 |
| 2.2 Bases Teóricas..... | 39 |
| 2.3 Marco Conceptual..... | 45 |
| 2.3.1 Seguridad de Abastecimiento Energético..... | 51 |
| 2.4 Marco Filosófico..... | 57 |
| 2.5 Glosario..... | 88 |
| CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS Y VARIABLES..... | 91 |
| 3.1 Definición de la Hipótesis General..... | 91 |
| 3.2 Definición de las Hipótesis Específicas..... | 91 |
| 3.3 Identificación de Variables..... | 93 |
| 3.3.1 Variables Dependientes..... | 93 |
| 3.3.2 Variables Independientes..... | 93 |
| 3.4 Relación entre Variables..... | 94 |
| 3.5 Matriz de Consistencia..... | 96 |

| | |
|--|-----|
| CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA..... | 98 |
| 4.1 Alcance y Diseño de investigación..... | 98 |
| 4.2 Unidad de Análisis..... | 103 |
| 4.3 Población de Estudio..... | 103 |
| 4.4 Tamaño de muestra..... | 104 |
| 4.5 Selección de la Muestra..... | 104 |
| 4.6 Técnicas de Recolección de Datos..... | 105 |
| 4.6.1 Análisis previo de los datos para la aplicación del Análisis Multivariante..... | 105 |
| 4.6.1.1 Examen gráfico de los datos..... | 106 |
| 4.6.1.2 Evaluación de las variables individuales frente al Modelo Multivariante..... | 109 |
| 4.7 Análisis e Interpretación de la Información..... | 112 |
| 4.7.1 Análisis de Riesgos..... | 112 |
| 4.7.2 Análisis Factorial Exploratorio..... | 113 |
| 4.7.3 Análisis de Componentes Principales..... | 118 |
| 4.7.4 Análisis Factorial Confirmatorio..... | 120 |
| CAPÍTULO 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 122 |
| 5.1 Análisis, interpretación y discusión de resultados..... | 122 |
| 5.1.1 Análisis del desempeño de las variables..... | 122 |
| 5.1.2 Operacionalización de las variables..... | 123 |
| 5.2 Aplicación del Análisis Factorial de Componentes Principales..... | 127 |
| 5.2.1 Resultados de la aplicación del Análisis de Componentes Principales..... | 127 |
| 5.3 Resultados sobre la Hipótesis..... | 145 |
| 5.3.1 Comprobación de la Hipótesis..... | 145 |
| 5.3.2 Comprobación de la Hipótesis General..... | 147 |
| 5.3.3 Comprobación de las Hipótesis Específicas..... | 148 |
| CAPÍTULO 6. APORTES DE LA INVESTIGACIÓN..... | 153 |
| 6.1 Impactos de las variables involucradas..... | 153 |
| 6.2 Otros impactos..... | 156 |
| 6.3 Propuesta para la solución del problema..... | 162 |
| 6.4 Aportes de la investigación..... | 167 |
| CONCLUSIONES..... | 169 |

| | |
|---------------------------------|-----|
| RECOMENDACIONES..... | 172 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 173 |
| ANEXOS..... | 186 |

Lista de Tablas

Tabla 1. Exportaciones mensuales de GLP

Tabla 2. Importaciones mensuales de GLP

Tabla 3. Capacidad de almacenamiento de GLP en Pluspetrol – Pisco

Tabla 4. Criterios de decisión en ambientes de certeza, riesgo e
incertidumbre

Tabla 5. Definición de problema general, objetivo general e hipótesis general

Tabla 6. Matriz de consistencia

Tabla 7. Prueba de Normalidad de las variables

Tabla 8. Factores de cambio que afectarían el abastecimiento de GLP en el
Perú

Tabla 9. Matrices anti-imagen con todas las variables

Tabla 10. Matrices anti-imagen sin la variable X5

Tabla 11. Matrices anti-imagen sin las variables X5 y X6

Tabla 12. Matriz de correlaciones para ocho componentes

Tabla 13. Resultados de la aplicación de la correlación lineal de Pearson

Tabla 14. KMO y prueba de Bartlett para ocho componentes

Tabla 15. Comunalidades para ocho componentes

Tabla 16. Varianza total explicada para ocho componentes

Tabla 17. Varianza total explicada con método de rotación ortogonal,
Varimax

Tabla 18. Varianza total explicada con método de rotación oblicua, Oblimin

Tabla 19. Matriz de Componentes. Método de rotación ortogonal, Varimax

Tabla 20. Matriz de Componentes. Método de rotación oblicua, Oblimin

Tabla 21. Correlaciones Reproducidas

Tabla 22. Variación porcentual del PBI por reducción de la producción de
gas natural seco en 91.7%

Tabla 23. Variación del PBI, en soles, por reducción de la producción de gas
natural seco en 91.7%

Tabla 24. Variación porcentual del PBI por reducción de la producción de
líquidos de gas natural en 91.7%

Tabla 25. Variación del PBI, en soles, por reducción de la producción de líquidos de gas natural en 91.7%

Tabla 26. Variación porcentual del PBI por reducción de la producción de gas natural seco y líquidos de gas natural en 91.7%

Tabla 27. Variación del PBI, en soles, por reducción de la producción de gas natural seco y líquidos de gas natural en 91.7%

Lista de Figuras

- Figura 1. Esquema simplificado de obtención de GLP a partir del petróleo.
- Figura 2. Esquema simplificado de obtención de GLP a partir del gas natural.
- Figura 3. Producción de GLP a nivel nacional
- Figura 4. Producción de GLP a nivel nacional (diciembre 2016 a diciembre 2017)
- Figura 5. Demanda Nacional de GLP reportada por los Productores e Importadores
- Figura 6. Producción de GLP vs la demanda proyectada de GLP a nivel nacional
- Figura 7. Producción de GLP vs la demanda proyectada de GLP a nivel nacional
- Figura 8. Exportación de GLP a nivel nacional
- Figura 9. Importación de GLP a nivel nacional
- Figura 10. Capacidad de almacenamiento de GLP a nivel nacional y nuevos proyectos (en miles de barriles)
- Figura 11. Inventario disponible de GLP en Lima: febrero 2018
- Figura 12. Inventarios disponibles de GLP en Pisco: febrero 2018
- Figura 13. Días de abastecimiento disponible de GLP en Lima, febrero 2018
- Figura 14. Días de abastecimiento disponible de GLP en Pisco, febrero 2018
- Figura 15. Esquema del diseño de investigación planteado para la investigación
- Figura 16. Visualización causal sistémica de los efectos intersectoriales de los riesgos en los sectores de energía y minería.
- Figura 17. Métodos de medición del PBI
- Figura 18. Reservas de petróleo y gas natural
- Figura 19. Producción de petróleo y LGN
- Figura 20. Demanda e Importación de petróleo
- Figura 21. Procesamiento de petróleo y gas natural
- Figura 22. Producción, Demanda e Importación de GLP
- Figura 23. Relaciones causales entre las variables involucradas en el abastecimiento de GLP.

Figura 24. Representación del factor subyacente

Figura 25. Modelo Análisis Factorial Exploratorio

Figura 26. Modelo Análisis Factorial Confirmatorio

Figura 27. Comprobación de la linealidad de los datos de las variables

Figura 28. Gráfico de autovalor para la determinación de componentes.

Figura 29. Modelo de Dinámica de Sistemas

Figura 30. Variación en el tiempo de las variables GNH Almacenado

Malvinas – LGN Transportado – GLP Producido Pisco

Lista de Acrónimos

| | |
|-------------|---|
| BP: | British Petroleum |
| DGH: | Dirección General de Hidrocarburos |
| DS: | Decreto Supremo |
| EM: | Energía y Minas |
| FISE: | Fondo de Inclusión Social Energético |
| GLP: | Gas Licuado de Petróleo |
| GN: | Gas Natural |
| GNH: | Gas Natural Húmedo |
| GNL: | Gas Natural Licuefactado |
| GNS: | Gas Natural Seco |
| GPAE: | Gerencia de Políticas y Análisis Económico |
| INEI: | Instituto Nacional de Estadística e Informática |
| LGN: | Líquidos de Gas Natural |
| Minam: | Ministerio del Ambiente |
| Minem: | Ministerio de Energía y Minas |
| Osinergmin: | Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería |
| PBI: | Producto Bruto Interno |
| RCD: | Resolución de Consejo Directivo |
| SCOP: | Sistema de Control de Órdenes de Pedido |
| Sunat: | Superintendencia de Administración Tributaria |
| TGP: | Transportadora de Gas del Perú (concesionario de transporte de gas natural) |
| TIP: | Matriz Insumo-Producto |

RESUMEN

Esta investigación realiza un análisis causal de los factores que afectan el abastecimiento de GLP y, como aporte a la investigación, desarrolla un modelo a través de uno de los tipos de análisis factorial como es el análisis de componentes principales; se completa el estudio con un modelo de simulación elaborado mediante la dinámica de sistemas con la finalidad de obtener una proyección en el tiempo.

La investigación se sustenta en los reportes del Ministerio de Energía y Minas (Minem) que indican que el desarrollo de la producción nacional de Gas Licuado de Petróleo (GLP) ha mostrado una evolución que representa un 21% de incremento en el periodo 2009 al 2015. Un análisis de la producción y demanda de GLP ha permitido ver que, para finales del año 2018, la demanda nacional incluyendo las exportaciones llegó a 61.0 miles de barriles por día, cifra que superó la capacidad de producción de GLP a nivel nacional ascendente a 46.01 miles de barriles diarios. Las exportaciones de GLP han ido descendiendo hasta un 64 % desde el 2009.

Por tanto, actualmente la condición del país como exportador de GLP está siendo revertida dado el acelerado incremento de la demanda de GLP, así como por la ausencia de nuevos proyectos de inversión que involucren la ampliación de capacidad de almacenamiento de los Centros de Distribución y de producción de las plantas de procesamiento. Existen evidencias suficientes para fundamentar la necesidad de buscar alternativas para resolver la problemática del abastecimiento de GLP que conduzca a un suministro continuo y permanente a nivel nacional. Esta condición justifica la elaboración de modelos para pronosticar futuros escenarios en el suministro de este energético, a nivel nacional.

Palabras clave: producción de GLP, procesamiento de gas natural, abastecimiento, suministro, demanda, análisis factorial

ABSTRACT

This research performs a causal analysis of the factors that affect the supply of LPG and, as a contribution to the research, develops a model through one of the types of factorial analysis as the principal component analysis. Completing the study with a simulation model developed through the System Dynamics to obtain a projection in the time.

This research is supported by reports of the Ministry of Energy and Mines (Minem) which indicate that the development of the national production of Liquefied Petroleum Gas (LPG) has shown an evolution that represents a 21% increase in the period 2009 to 2015. An analysis of the production and demand of LPG allowed to see that, by the end of the year 2018, the national demand including the exports reached 61.0 thousand of barrels per day, figure that surpass the capacity of production of LPG to National level. LPG exports were descending to 64% since 2009.

Therefore, the country's status as an exporter of LPG is currently being reversed given the accelerated increase in LPG demand, as well as the absence of new investment projects involving the expansion of plant storage capacity of supply and production of LPG production plants. There is enough evidence to support the necessity to seek alternatives to solve the problem that leads to a continuous and permanent LPG supply nationwide. This condition justifies the elaboration of models to forecast future scenarios in the supply of LPG, at the National level.

Keywords: LPG production, natural gas processing, provision, supply, demand, factorial analysis

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

El Gas Licuado de Petróleo (GLP), es considerado en el Perú, como el energético más importante en la canasta de consumo de combustibles. El GLP es principalmente utilizado en el sector doméstico residencial pero también es utilizado a nivel comercial, industrial y vehicular. Con la finalidad de incentivar el uso del GLP en poblaciones vulnerables y de bajos recursos, para evitar la intoxicación por gases contaminantes producto del uso del carbón, la bosta y la leña como energéticos para la cocción de alimentos, el Ministerio de Energía y Minas hizo entrega de un elevado número de cocinas y cilindros de gas en el año 2014, dentro del Programa Nacional Cocinas Familiares (Cocina Perú). Este programa formó parte de una estrategia integral, a cargo del Estado, con el objetivo de favorecer el acceso a un combustible menos perjudicial para la salud por su combustión más limpia dentro del Plan de Acceso Universal de Energía.

Dentro de este contexto, se aprobó el Fondo de Inclusión Social Energético (FISE) con la Ley N° 29852 en abril del año 2012, con el propósito de llevar energía menos contaminante a las poblaciones más vulnerables, en los sectores rural o rural-urbano, en todo el territorio nacional. Actualmente, el FISE está orientado al uso intensivo del gas natural domiciliario y vehicular; al cambio de la matriz energética hacia las fuentes de energías renovables; a ejercer un rol promotor del uso de cilindros de GLP doméstico en sectores de bajos recursos, tanto urbanos como rurales, e implementar el mecanismo para compensar la tarifa eléctrica domiciliaria.

De acuerdo con el Reporte de Análisis Económico Sectorial del Sector Hidrocarburos de julio del 2012 (Vásquez, 2012), el 78 % de los hogares a nivel nacional usan el GLP que puede ser entregado a los usuarios finales a granel o envasado en cilindros en presentaciones de GLP de 3, 5, 10, 15 y 45 Kg, siendo la de 10 Kg la presentación más vendida para uso doméstico. El GLP a granel es utilizado a nivel doméstico, comercial, industrial y automotor.

En el Perú, el GLP se obtiene del petróleo a través de diversos procesos de refinación en la Refinería de Talara, de Petróleos del Perú S.A., y en la Refinería La Pampilla S.A.A., de la empresa Repsol. El combustible es obtenido de la destilación primaria del petróleo como también de los demás procesos a los que son sometidos otros productos de la destilación como la reformación y el cracking catalítico de lecho fluidizado, según se muestra en la figura 1.

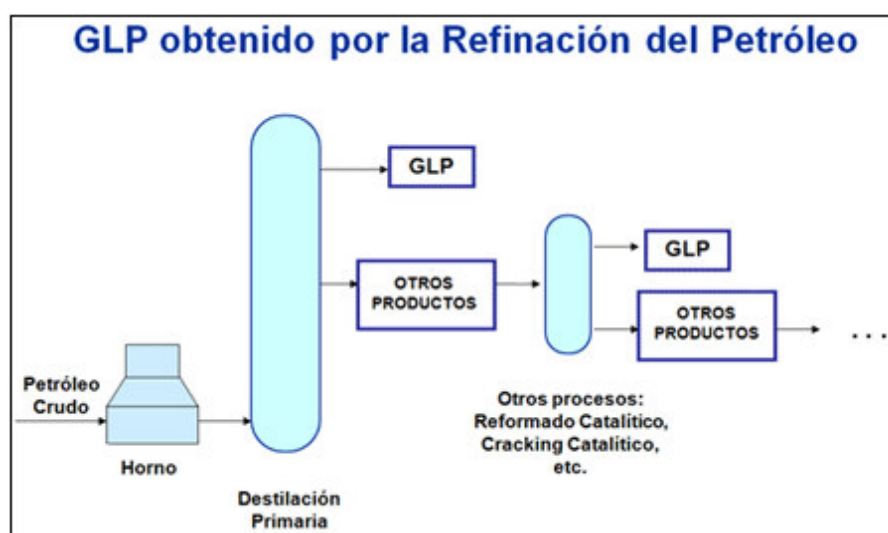


Figura 1. **Esquema simplificado de obtención de GLP a partir del petróleo.** Fuente: Tomado de <http://www.osinerg.gob.pe/newweb/pages/GFH/1432.htm>

El GLP también puede ser obtenido a partir del gas natural, según se observa en la figura 2; es decir, en el caso de encontrarse asociado al gas natural. Dado que el GLP en estado gaseoso es un componente con menor presión de vapor y puntos de ebullición más altos, el gas natural húmedo, antes de ser transportado, es separado en gas natural seco (de 80 a 90% de metano más la diferencia en etano) y líquidos de gas natural constituido por los hidrocarburos asociados más pesados. Mediante la destilación fraccionada de los líquidos de gas natural se puede obtener Propano y Butanos (constituyentes del GLP), solventes, gasolina natural y destilados medios para mezcla, entre otros productos. En el Perú, estos procesos son realizados por las empresas Pluspetrol Perú Corporation S.A., Aguaytía Energy del Perú S.R.L., Graña y Montero Petrolera S.A. (GMP) y, en conjunto, Procesadora de Gas Pariñas (PGP) S.A.C. y Savia Perú S.A.

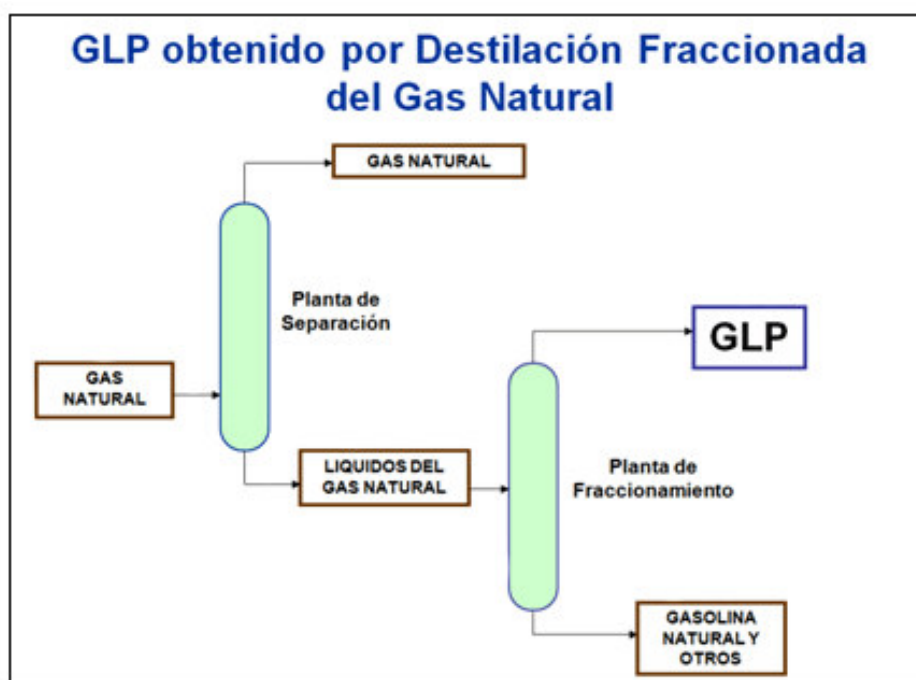


Figura 2. Esquema simplificado de obtención de GLP a partir del gas natural. Fuente: Tomado de <http://www.osinerg.gob.pe/newweb/pages/GFH/1432.htm>

1.1 Situación Problemática

De acuerdo con los reportes del Ministerio de Energía y Minas (Minem) (Anuarios Estadísticos Minem, 2009 - 2017), el desarrollo de la producción nacional de GLP ha mostrado una evolución con un promedio mensual para el año 2009 de 1,272 miles de barriles y para el año 2017¹ de 1,462 miles de barriles, respectivamente, lo cual ha representado un 15% de incremento, según puede apreciarse en la figura 3.

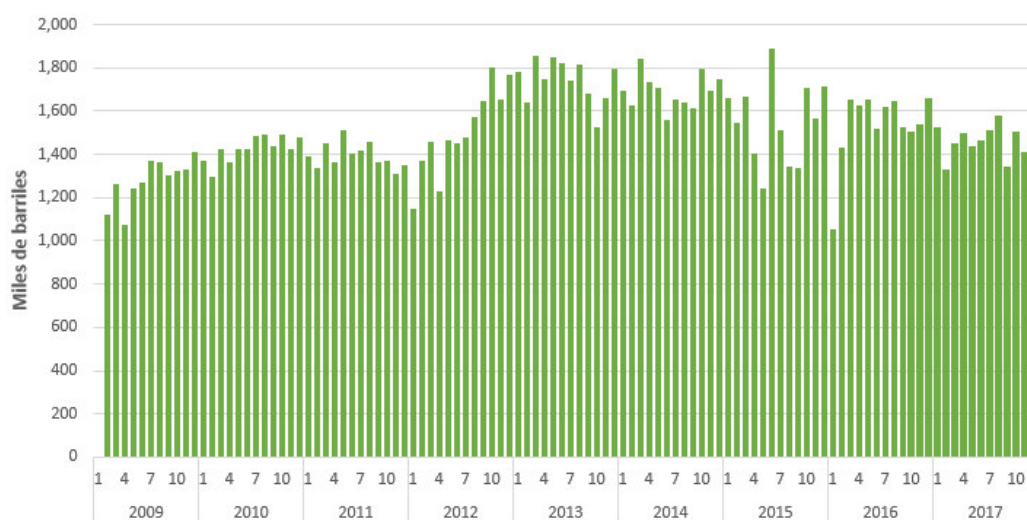


Figura 3. Producción de GLP a nivel nacional. Fuente: Tomado de Anuario Estadístico 2017, Minem.

La figura 4 muestra que, respecto de la producción nacional de GLP reportado por el Minem para el periodo de diciembre de 2016 a diciembre de 2017, en el país se produjo aproximadamente 51.1 mil barriles de GLP por día. Esta producción se distribuyó entre Pluspetrol Perú Corporation S.A., con el 83.0% de la participación nacional (40.2 mil barriles por día), Petroperú (Refinería Talara), con un 9.4%; Repsol (Refinería la Pampilla S.A.A.), con 3.3%; Graña y Montero Petrolera S.A. (GMP), con 1.8%;

¹ Promedio de enero a diciembre del año 2017

Aguaytía Energy del Perú S.R.L. (hoy, Orazul), con 0.9%; y, en su conjunto, Procesadora de Gas Pariñas S.A.C. y Savia Perú S.A. (PGP), con 1.5%, de participación a nivel nacional.

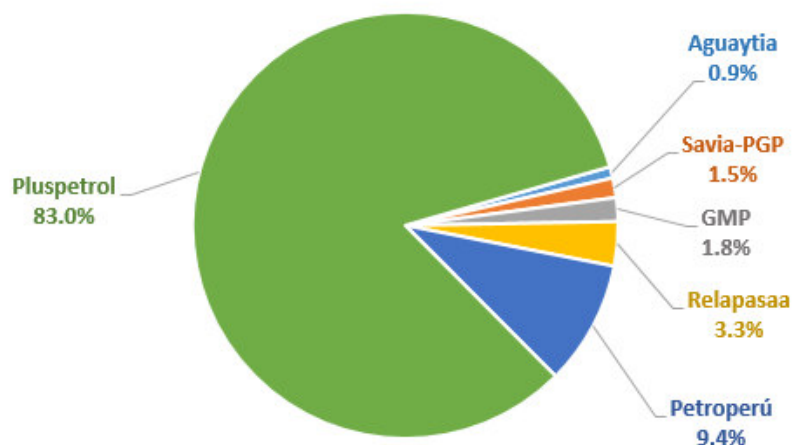


Figura 4. Producción de GLP a nivel nacional (diciembre 2016 a diciembre 2017). Fuente: Minem - Osinergmin, 2017.

La evolución nacional del GLP, desde el año 2009 al 2017, ha considerado la información comercial a partir de las ventas efectuadas por los Productores e Importadores de GLP a nivel nacional y sumando las transferencias efectuadas por los Importadores de GLP a sus respectivas Plantas Envasadoras.

Un análisis de la evolución de la demanda nacional de GLP desde el año 2006 al 2017, con información comercial que ha sido obtenida del sistema SCOP² GLP considerando también todas las ventas efectuadas por los Productores e Importadores de GLP a nivel nacional y adicionando las transferencias efectuadas por los Importadores de GLP a sus respectivas Plantas Envasadoras de GLP, muestra que la demanda nacional durante el último año de análisis (Diciembre 2016 a Diciembre 2017) ha sido de aproximadamente 57.1 mil barriles por día, mostrando un incremento

² Sistema de Control de Órdenes de Pedido

sostenido. La figura 5, muestra que la demanda anual promedio de GLP en los últimos ocho años ha sido del orden del 11%. Como resultado, la demanda actual de GLP prácticamente triplica la que existía hace doce años.

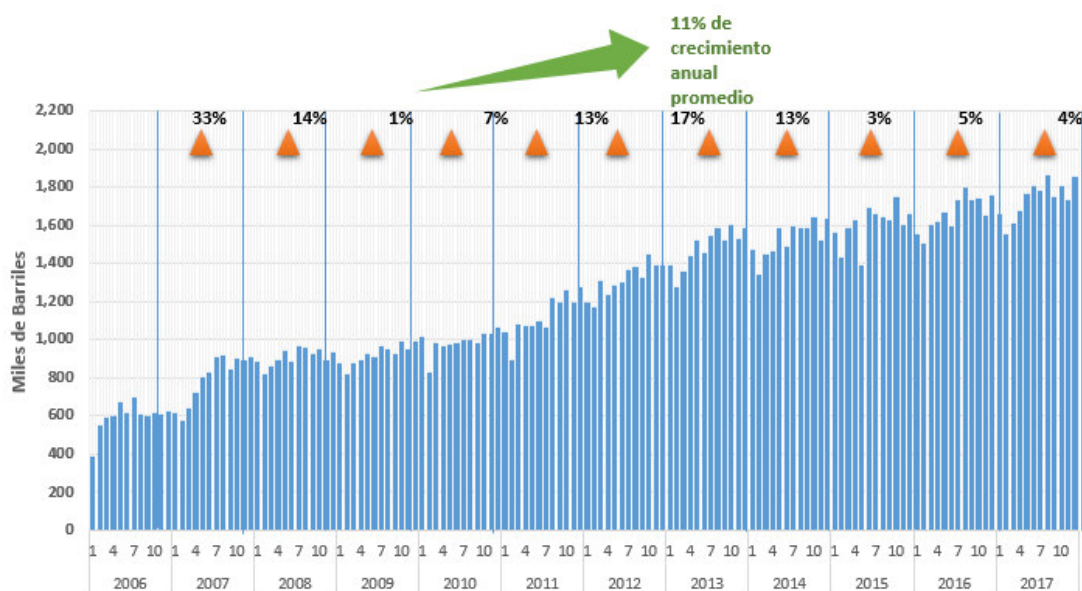


Figura 5. Demanda Nacional de GLP reportada por los Productores e Importadores. Fuente: SCOPDOCS, 2017. Osinergmin

Por otro lado, un análisis de la Producción y Demanda de GLP, el cual se muestra en la figura 6, permitió prever que, para finales del año 2018, la demanda nacional proyectada incluyendo las exportaciones llegaría a 61 miles de barriles por día, cifra que se dio en la realidad y que superó la capacidad de producción de GLP a nivel nacional, ascendente a 46 miles de barriles por día.

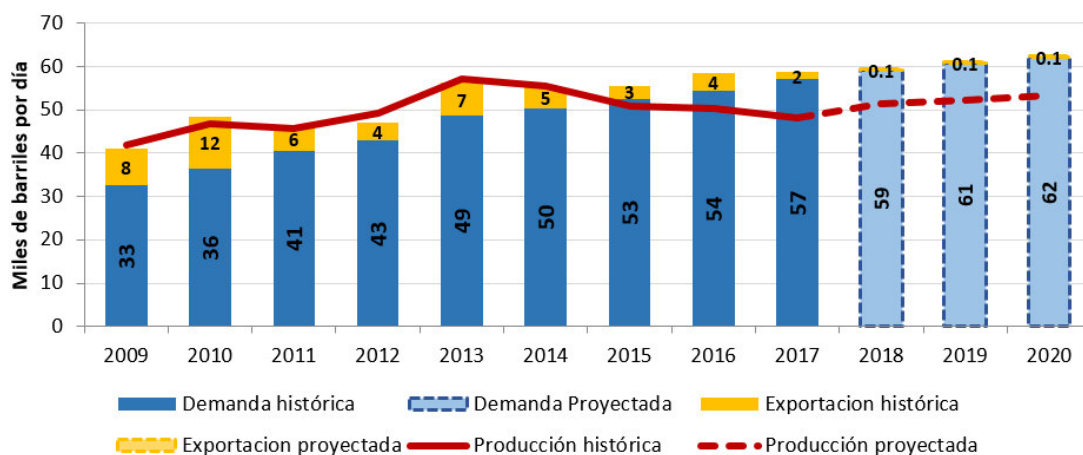


Figura 6. Producción de GLP vs la demanda proyectada de GLP a nivel nacional. Fuente: Osinergmin – SCOP Docs, 2017.

Cabe resaltar que la proyección de la producción se grafica por debajo de la demanda debido a que la demanda insatisfecha en Puno es creciente y se abastece directamente de las importaciones desde Bolivia hacia este departamento.

Asimismo, y como se puede observar en la figura 7, durante los años 2012, 2013 y 2015 se presentaron periodos en los que la demanda nacional de GLP excedió a la cantidad de GLP producida. Estas ocurrencias, sumadas al actual nivel de producción, el decrecimiento de las exportaciones e incremento de las importaciones, son las que han brindado las evidencias suficientes para fundamentar la necesidad de buscar alternativas para resolver la problemática que conduzca a un abastecimiento de GLP continuo y permanente a nivel nacional. Es, por estas razones, que se ha buscado ampliar la capacidad de producción nacional y la capacidad de almacenamiento descentralizado a nivel nacional.

A febrero del 2018, las empresas Zeta Gas Andino S.A. (Planta GLP Callao) y Solgas (Planta GLP - Ventanilla) se encontraban desarrollando proyectos de ampliación de capacidad de almacenamiento mientras que Petroperú S.A. (Planta de GLP en Terminal Callao), para cumplir con el

normal abastecimiento de GLP al mercado, ha optado por la contratación de embarcaciones para almacenamiento flotante, planteando que por factores de mercado, tecnológicos y contractuales, podría reevaluar esta modalidad de almacenamiento.

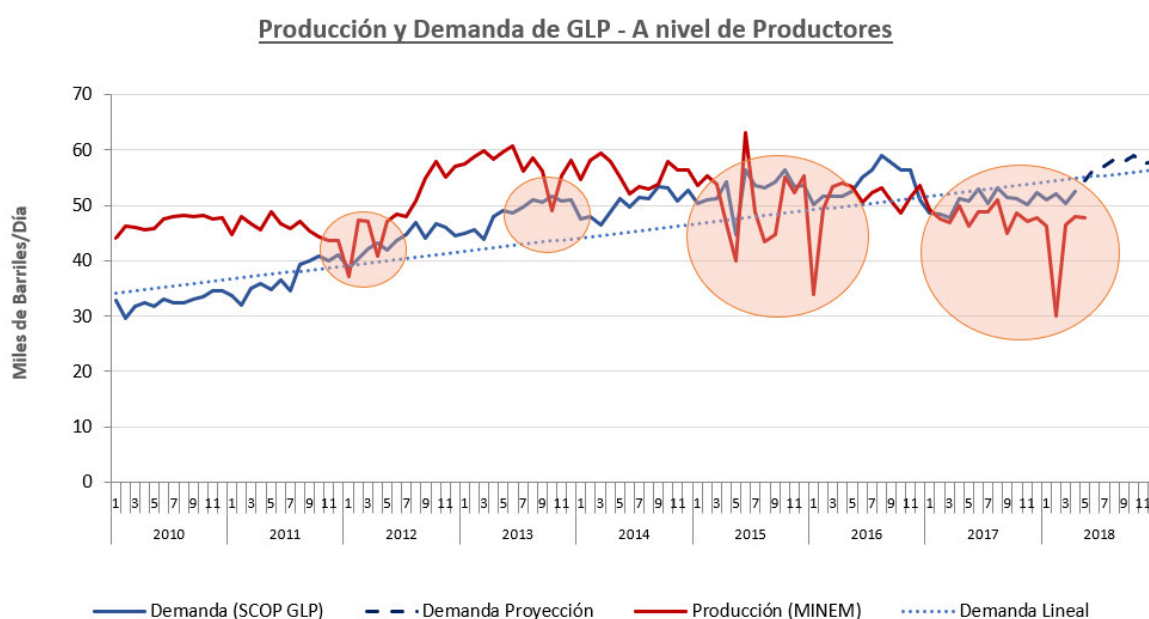


Figura 7. Producción de GLP vs la demanda proyectada de GLP a nivel nacional. Fuente: MINEM - Osinergmin, 2018.

Ahora bien, según la información contenida en el portal del Minem y en la correspondiente de la Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria (Sunat), que se muestra en la Tabla 1, las exportaciones de GLP entre los meses de enero a diciembre del 2017 fueron de 608 miles de barriles de GLP, equivalentes a 1.71 miles de barriles por día, en promedio.

Tabla 3

Exportaciones mensuales de GLP durante el 2017

| Año | Mes | Miles de barriles por día (MBD) | | |
|------------------|--------|---------------------------------|-------|-------|
| | | Pluspetrol | Otros | Total |
| 2017 | Ene-17 | 0.00 | 0.16 | 0.16 |
| | Feb-17 | 8.52 | 0.18 | 8.70 |
| | Mar-17 | 0.00 | 0.12 | 0.12 |
| | Abr-17 | 0.00 | 0.21 | 0.21 |
| | May-17 | 0.00 | 0.14 | 0.14 |
| | Jun-17 | 0.00 | 0.07 | 0.07 |
| | Jul-17 | 0.00 | 0.08 | 0.08 |
| | Ago-17 | 0.00 | 0.18 | 0.18 |
| | Set-17 | 0.00 | 0.20 | 0.20 |
| | Oct-17 | 0.00 | 0.19 | 0.19 |
| | Nov-17 | 0.00 | 0.07 | 0.07 |
| | Dic-17 | 10.23 | 0.12 | 10.35 |
| Promedio mensual | | 1.56 | 0.14 | 1.71 |

Fuente: Estadísticas Minem, 2017.

En la figura 8, se puede observar la evolución mensual de las exportaciones de GLP reportado por el Minem; de acuerdo con la información, el promedio mensual de exportaciones para el año 2009 fue de 245 miles de barriles mientras que para el año 2017³ fue de 51 miles de barriles, respectivamente, lo cual representa un descenso en el nivel de exportaciones del 79%. Este drástico decrecimiento forma parte de las evidencias que justifican el desarrollo de la problemática actual.

³ promedio de enero a diciembre del año 2017.

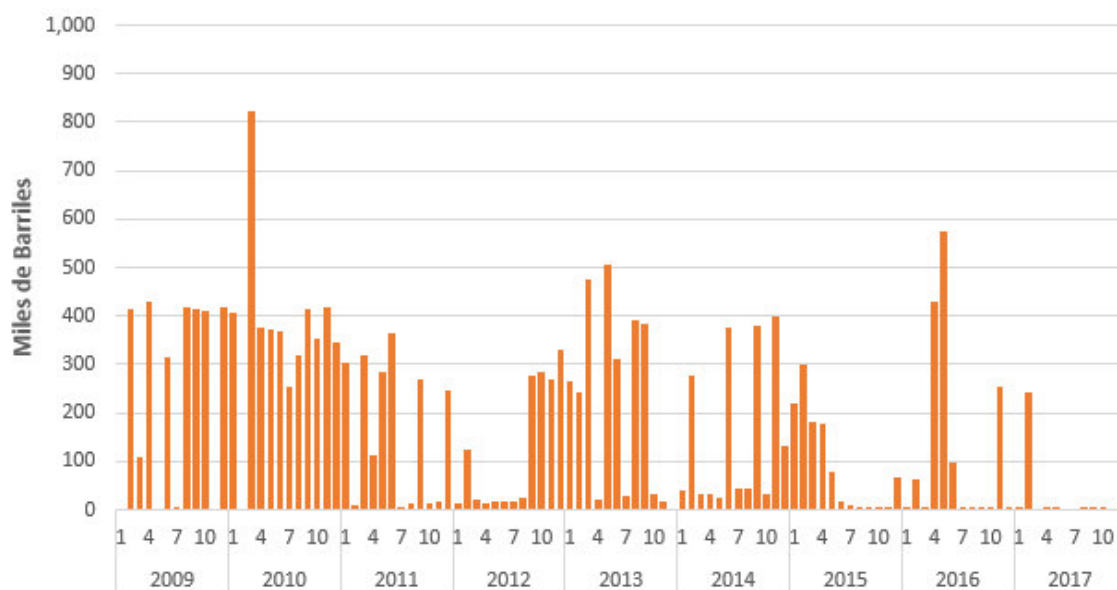
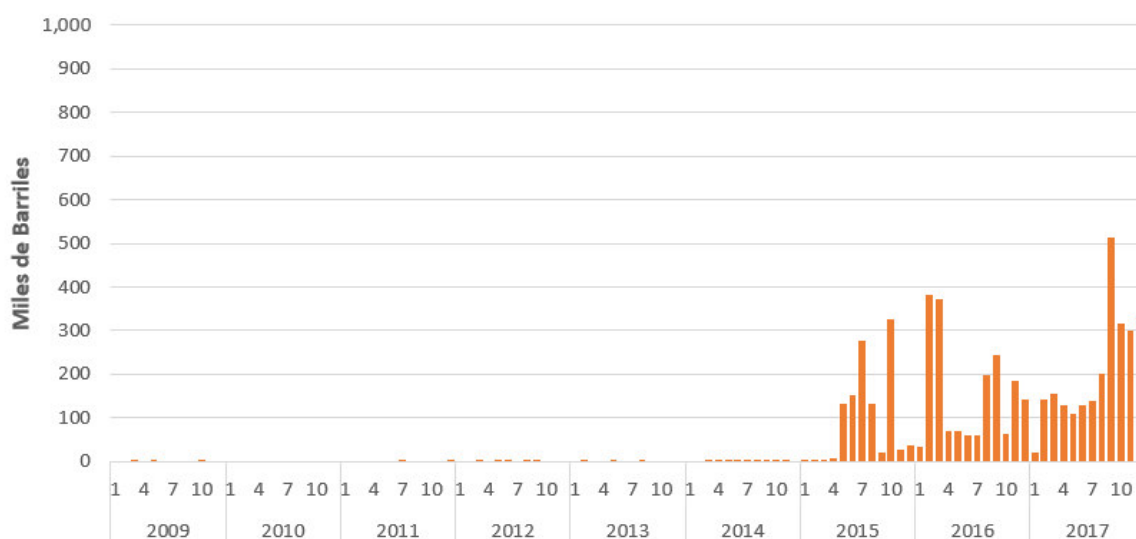


Figura 8. Exportación de GLP a nivel nacional. Fuente: Estadísticas Minem, 2017

Por otro lado, un análisis representado por la figura 9 muestra la evolución mensual de las importaciones de GLP reportado por el Minem; claramente, la información muestra que durante el año 2009 prácticamente no hubo importaciones importantes de GLP; sin embargo, para el año 2017 ya se observaba un notable aumento en las importaciones; es decir, se importó un promedio mensual de 208 miles de barriles, producto principalmente por problemas en la producción de GLP del principal productor del país sumado a la presencia de oleajes anómalos ocurridos en el litoral peruano que complicaron el transporte y distribución de este combustible en Lima y provincias.



Fuente: MINEM

Figura 9. Importación de GLP a nivel nacional. Fuente: Estadísticas Minem

De igual forma, según la información publicada por el Minem y la Sunat, entre los meses de enero a diciembre del 2017, las importaciones de GLP fueron de 2492 miles de barriles de GLP, las que se distribuyeron de acuerdo a los porcentajes mostrados en la Tabla 2.

Tabla 4
Importaciones mensuales de GLP

| Año | MES | Miles de barriles por día (MBD) | | | |
|------------------|--------|---------------------------------|----------|-------|-------|
| | | Petroperú | ZETA GAS | OTROS | TOTAL |
| 2017 | Ene-17 | 0.00 | 0.00 | 0.67 | 0.67 |
| | Feb-17 | 0.00 | 0.00 | 5.13 | 5.13 |
| | Mar-17 | 0.00 | 0.00 | 4.99 | 4.99 |
| | Abr-17 | 0.00 | 0.00 | 4.34 | 4.34 |
| | May-17 | 0.00 | 0.00 | 3.53 | 3.53 |
| | Jun-17 | 0.00 | 0.00 | 4.26 | 4.26 |
| | Jul-17 | 0.00 | 0.00 | 4.53 | 4.53 |
| | Ago-17 | 0.00 | 0.00 | 6.52 | 6.52 |
| | Set-17 | 2.95 | 4.38 | 9.82 | 17.15 |
| | Oct-17 | 0.00 | 0.00 | 10.24 | 10.24 |
| | Nov-17 | 0.00 | 0.00 | 9.99 | 9.99 |
| | Dic-17 | 1.95 | 0.00 | 8.73 | 10.68 |
| Promedio mensual | | 0.41 | 0.37 | 6.06 | 6.84 |

Fuente: Estadísticas Minem, 2017.

En relación con la capacidad de almacenamiento de GLP a nivel nacional, se puede decir que, en la actualidad el país tiene una capacidad instalada para el almacenamiento de GLP de 1,318 miles de barriles contándose con proyectos de ampliación por un total de 139 miles de barriles adicionales.

La capacidad actual de almacenamiento de GLP a nivel de Plantas de Venta, Centros de Distribución y Refinerías se encuentra distribuida en los departamentos de Piura, Lima, Ica y Ucayali, según se muestra en la figura 10.

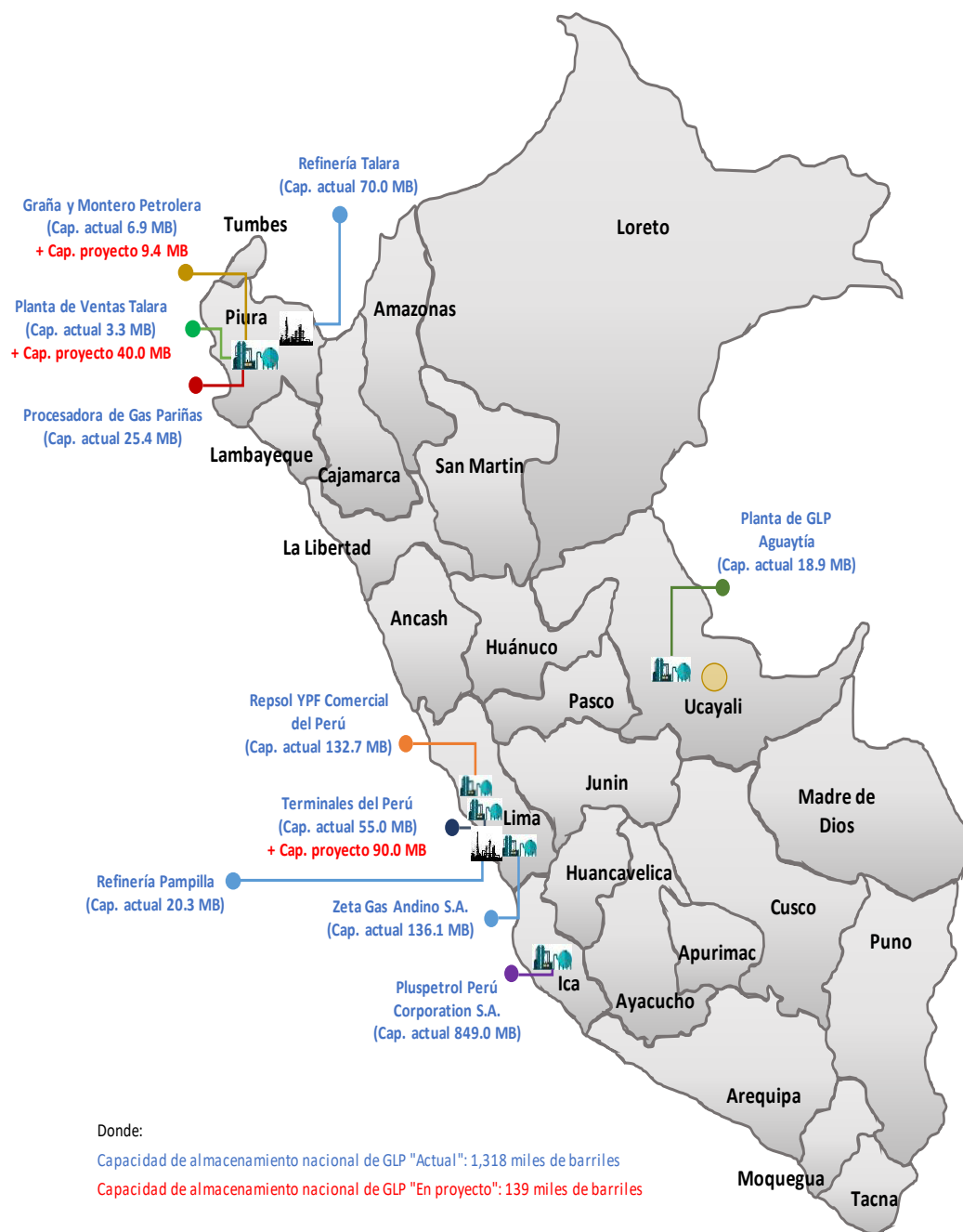


Figura 10. Capacidad de almacenamiento de GLP a nivel nacional y nuevos proyectos (en miles de barriles). Fuente: GFHL-Osinergmin, 2015.

En la Tabla 3, se muestra la capacidad actual de almacenamiento de GLP que tiene el productor Pluspetrol en Pisco.

Tabla 3
Capacidad de almacenamiento de GLP en Pluspetrol – Pisco

| Cantidad de Tanques | Tipo de tanque | Producto | Volumen | Unidades |
|------------------------------|-----------------------|-----------------|----------------|-----------------|
| 3 | Tanque Refrigerado | Propano | 30,000 | m ³ |
| 3 | Tanque Refrigerado | Butano | 15,000 | m ³ |
| 2 | Tanque atmosférico | Propano | 60,000 | Galones |
| 2 | Tanque atmosférico | Butano | 60,000 | Galones |
| Total: 849 miles de barriles | | | | |

Fuente: Osinergmin - SCOP, 2015

Si se toma en cuenta los inventarios de GLP, según se aprecia en la figura 11, el abastecimiento de los Centros de Distribución ubicados en Lima como Repsol, Zeta Gas y Terminales del Perú, se realiza por vía marítima. Este abastecimiento se ve afectado cuando se presentan oleajes anómalos que impiden la normal descarga de GLP.

Los buques fletados para atender a los Centros de Distribución de Lima que regularmente son utilizados para el trayecto Pisco – Ventanilla – Callao - Pisco, son:

Buque Colca (236,3 MB)

Buque Essex (226,8 MB)

Buque Mar Pacífico (248,1 MB)

Buque Paracas (224,5 MB)

Buque Santa Clara (45.8 MB)

Buque Virgen del Carmen (49,9 MB)

Buque Virgo Gas (20.6 MB)

En la figura 11, se presenta los volúmenes de inventarios diarios reportados por los operadores de planta al 21 de febrero del 2018 y, a su vez, muestra la variabilidad de los inventarios, así como los días críticos para el abastecimiento de GLP a nivel de la provincia de Lima.

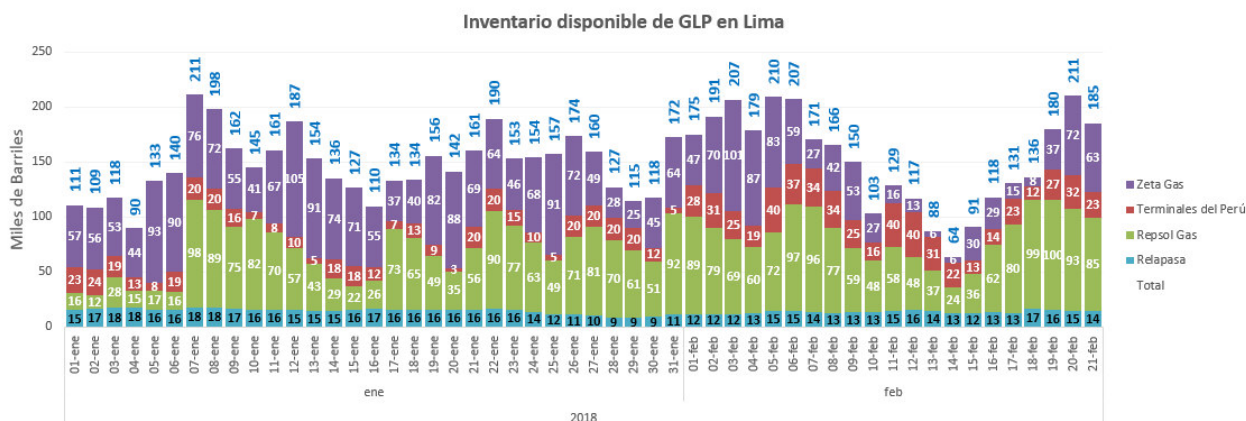


Figura 11. Inventario disponible de GLP en Lima: febrero 2018. Fuente: Osinergmin - SCOP, 2018

La figura 12 muestra los inventarios de la Planta Pisco. Es importante monitorear la evolución de los inventarios disponibles en la planta Pisco pues a partir de éstos, es que se produce el abastecimiento de las plantas ubicadas en la ciudad de Lima.



Figura 12. Inventarios disponibles de GLP en Pisco: febrero 2018. Fuente: Osinergmin - SCOP, 2018

Por otro lado, el cálculo de los días de abastecimiento considerando la normativa actualmente vigente y los resultados para Lima y Pisco, en el periodo enero – febrero del 2018, ha mostrado una variabilidad entre 3 a 17 días de abastecimiento disponible de GLP, según se observa en las figuras 13 y 14.

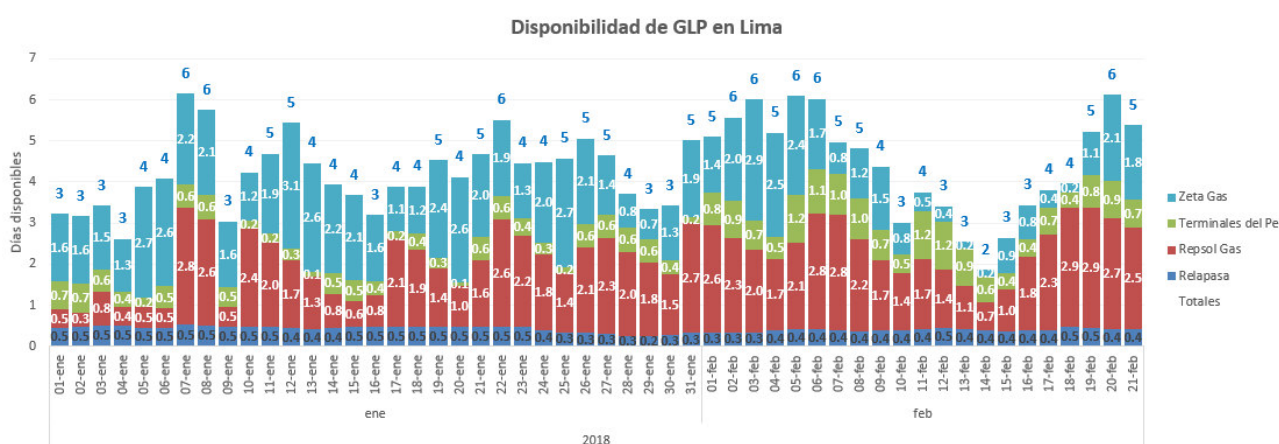


Figura 13. Días de abastecimiento disponible de GLP en Lima, febrero 2018. Fuente: Osinergmin - SCOP, 2018

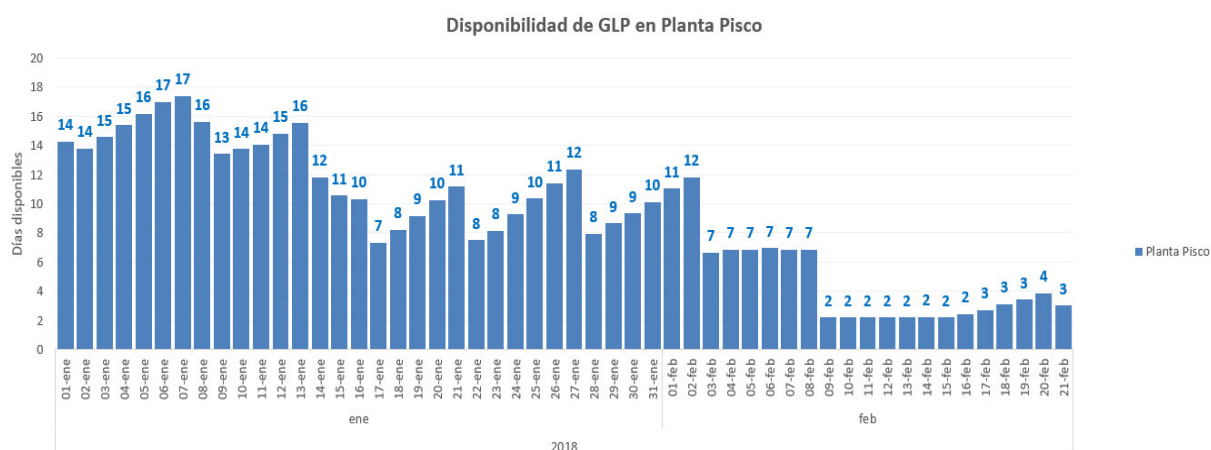


Figura 14. Días de abastecimiento disponible de GLP en Pisco, febrero 2018. Fuente: Osinergmin - SCOP, 2018

El análisis de estas figuras permite visualizar la criticidad de la disponibilidad de GLP en la Planta Pisco, por lo cual se debe asegurar la producción de GLP en la mencionada planta y, esto ocurre, si y sólo si, se cuenta con los líquidos de gas natural provenientes de la planta Malvinas. Siguiendo esta cadena de razonamiento, se debe indicar que la disponibilidad de los líquidos de gas natural provenientes de la planta Malvinas estará asegurada en la medida que no ocurran problemas de rotura en el poliducto de líquidos de gas natural o en el gasoducto de gas natural seco, suspensión de las exportaciones de gas natural licuado, cierre de puertos por oleaje anómalo, entre otros factores.

Entrando al tema de las reservas de seguridad para el suministro de combustibles, existe una normativa sobre Existencias de GLP. Hacia el primer semestre del 2004, la producción nacional de GLP ya no era suficiente para abastecer la demanda nacional siendo necesaria su importación. Sin embargo, con el inicio de operaciones de la Planta de Fraccionamiento de Líquidos de Gas Natural de Pluspetrol, el Perú pasó de ser importador a ser exportador de dicho producto, generando que agentes que antes realizaban actividades de importación, actúen comercializando producto local a través de Centros de Distribución de GLP, de acuerdo con los considerandos del Reglamento para la Comercialización de Gas Licuado de Petróleo, aprobado por Decreto Supremo N° 045-2010-EM.

Así, a través de este Decreto Supremo, se modificó el artículo 8° del Reglamento para la Comercialización de Gas Licuado de Petróleo, aprobado mediante Decreto Supremo N° 01-94-EM, el cual establece que todas las empresas que almacenan GLP en Centros de Distribución tienen la obligación de mantener inventarios de dicho producto, equivalente a quince días de despacho promedio de los últimos seis meses. La misma norma establece que se puede disponer de dichos inventarios en aquellos casos en los que la Dirección General de Hidrocarburos (DGH) declare el desarrollo de una situación que afecta el abastecimiento de GLP.

El decreto en mención también estableció un plazo de adecuación, para que aquellas empresas obligadas que no cuenten con la capacidad de almacenamiento requerida para cumplir con la obligación puedan construir la infraestructura necesaria, con base en un cronograma que no debía exceder de 18 meses. Así, el artículo Art. 2 del D.S. 045-2010-EM dispone que “En caso de que los obligados no cuenten con capacidad de almacenamiento, deberán presentar una solicitud y un cronograma que no deberá exceder de 18 meses. Dicha documentación deberá presentarse en un plazo máximo de 30 días y la DGH en un plazo máximo de 30 días emitirá pronunciamiento previa opinión favorable de OSINERGMIN emitida en 5 días. Durante los plazos de adecuación señalados, no será exigible la mencionada obligación”

De igual forma, el artículo 3° del mismo decreto señala que las Plantas de Producción y Centros de Distribución deben contar con facilidades de despacho para transporte terrestre suficiente para satisfacer la demanda que pudiera producirse en situaciones de emergencia, al establecer que, en caso fuera necesaria la ampliación de sus facilidades de despacho, estas actividades deben ser desarrolladas en un plazo de un (01) año, como máximo, contado desde la emisión del pronunciamiento de la DGH sobre las facilidades de despacho con las que contasen.

No obstante, de la información presentada por los agentes obligados a mantener existencias de GLP, se advirtió que el plazo de 18 meses de adecuación de instalaciones para cumplir con lo establecido en la norma resultaba insuficiente. La situación descrita determinó que, al no ajustarse al plazo máximo de adecuación fijado en la norma, las solicitudes fueran denegadas por la Dirección General de Hidrocarburos; asimismo, que se publicasen en dos oportunidades, proyectos de Decreto Supremo que modificarían la obligación contenida en el D.S. 045-2010-EM. No obstante, a la fecha, ninguno de los proyectos publicados para comentario, han sido aprobados, manteniéndose la situación actual.

La condición del país como exportador de GLP está siendo revertida dado el acelerado incremento de la demanda de GLP, así como por la demora en la implementación de nuevos proyectos de inversión que involucren la ampliación de capacidad de almacenamiento de las Centros de Distribución y de producción de las Plantas de Producción de GLP. Esta condición justifica la elaboración de modelos para pronosticar futuros escenarios en el suministro de GLP, a nivel nacional.

Como resultado de problemas en el abastecimiento normal de GLP en el periodo comprendido desde abril a mayo del 2015, se produjo una modificación de la norma de Existencias y Medidas Alternativas; con fecha 16 de junio de 2015, se publicó en el Diario Oficial El Peruano el D.S. 015-2015-EM. Dicha norma modifica, a partir del 17 de junio de 2015, el artículo 8° del Reglamento para la Comercialización de GLP (D.S. 01-94-EM).

La norma citada ha establecido la obligación de mantener inventarios medios, equivalentes a quince (15) días de despacho al mercado nacional, como promedio de los últimos seis (6) meses así como inventarios mínimos almacenados de GLP, equivalentes a cinco (5) días de despacho promedio de los últimos seis (6) meses, los cuales deben mantenerse en todo momento del día, para todos los agentes que realicen ventas de dicho producto a partir de Centros de Distribución y que cuenten con capacidad de almacenamiento propia o contratada en dichas instalaciones.

Como medidas alternativas, el artículo 2° del D.S. 015-2015-EM estableció que las empresas que no cuenten con capacidad de almacenamiento para cumplir con los inventarios, en un plazo que no debiera excederse de diez (10) días calendario, debieron presentar, para aprobación de Osinergmin, medidas alternativas a implementarse en un plazo máximo de 30 días calendario, contados a partir de la entrada en vigencia de la norma, “tales como almacenamiento flotante y/o fijo que garanticen el cumplimiento de la obligación (...)”.

Asimismo, en cuanto a la exoneración de la obligación de mantener Existencias de GLP, en uso de la facultad concedida a la DGH por el artículo 8° del Reglamento para la Comercialización de GLP, dicha Dirección General estableció como medida temporal que “todos los agentes que almacenen GLP en Centros de Distribución puedan disponer de las existencias de GLP desde el mes de mayo de 2015”. Esta disposición fue comunicada a los agentes obligados y a Osinergmin mediante oficio N° 668-2015-EM-DGH. Igualmente, a través del Oficio N° 829-2015-MEM/DGH y el Oficio N° 804-2015-MEM/DGH, la DGH informó al Osinergmin, que se consideraba necesario mantener la medida de excepción.

En consecuencia, la exoneración dispuesta desde mayo de 2015, por la DGH, se mantiene en vigencia y resulta aplicable a la totalidad de las existencias (Medias y Mínimas). Asimismo, en tanto se mantenga la excepción, no resulta legalmente válida la aplicación de sanciones por incumplimientos a la obligación, correspondiente al periodo julio 2016, en adelante. Esto fue ratificado en octubre del 2017, fecha en la que se dispuso que la exigencia del cumplimiento de existencias mínimas se realizaría a partir del 01 de noviembre del 2018.

1.2 Formulación del Problema

Los agentes involucrados en la comercialización del GLP, a nivel nacional, son los productores, importadores, plantas envasadoras, distribuidores a granel, estaciones de servicios y/o gasocentros, consumidores directos, locales de venta y distribuidores en cilindro. En la actualidad, existen 7 empresas habilitadas en el Registro de Hidrocarburos de Osinergmin (RHO) como productores de GLP y son los encargados de abastecer al mercado nacional con producción propia. Por otro lado, existen 10 empresas habilitadas en el RHO como importadores de GLP; dos de ellas, realizan sus transacciones comerciales como importadores

abasteciéndose de manera directa de los productores nacionales a fin de atender a sus clientes o realizar transferencias hacia sus plantas de envasado (DPD-GFHL, 2015). La demanda de combustibles en el Perú, durante el periodo 2000 – 2010, creció aproximadamente en 32% y la demanda de GLP prácticamente se triplicó en el mismo periodo, de tal forma que este producto es, actualmente, el segundo combustible líquido más utilizado, superado solo por el Biodiesel DB5 (Cuadros, 2011).

En julio del 2010 se generó un desabastecimiento parcial de GLP, principalmente en Lima, debido a los fuertes oleajes que impedían que las embarcaciones que cargan este producto en la planta de Pisco puedan abastecer de GLP a las plantas de dos importantes empresas abastecedoras de este combustible, ubicadas en Ventanilla. Este evento se repitió en diferentes momentos durante el 2015, sumado a acontecimientos relacionados a la rotura del poliducto de líquidos de gas natural que lo transporta hacia la planta de fraccionamiento de Pisco, en donde es procesado para producir GLP y, al mantenimiento de pozos de producción de gas natural, lo cual reduce la disponibilidad de los líquidos de gas natural, entre otros.

Considerando todos los factores que determinan la necesidad de importación de GLP; que afectan la producción de gas natural, su transporte por ductos hacia la planta de separación, el transporte por ducto de los líquidos de gas natural hacia la planta de fraccionamiento, la entrega de GLP a través de un sistema de despacho con un número suficiente de islas de despacho que asegure la atención a todas las solicitudes de las plantas de envasado y distribuidores de GLP a granel, por vía marítima y terrestre, la pregunta general de investigación que se tratará de responder con esta tesis es:

¿Por qué se produce el desabastecimiento de GLP a nivel nacional?

Y de manera específica:

1. *¿Cuál es el impacto de la producción de petróleo en el abastecimiento de GLP a nivel nacional?*
2. *¿Cuál es el impacto de la producción de líquidos de gas natural (LGN) en el abastecimiento de GLP a nivel nacional?*
3. *¿Cuál es el impacto del procesamiento de petróleo en el abastecimiento de GLP a nivel nacional?*
4. *¿Cuál es el impacto de la importación de petróleo en el abastecimiento de GLP a nivel nacional?*
5. *¿Cuál es el impacto de las reservas de petróleo en el abastecimiento de GLP a nivel nacional?*
6. *¿Cuál es el impacto de las reservas de gas natural en el abastecimiento de GLP a nivel nacional?*
7. *¿Cuál es el impacto del procesamiento de LGN en el abastecimiento de GLP a nivel nacional?*
8. *¿Cuál es el impacto de la capacidad de almacenamiento de GLP en el abastecimiento de GLP a nivel nacional?*
9. *¿Cuál es el impacto del cierre de puertos en el abastecimiento de GLP a nivel nacional?*
10. *¿Cuál es el impacto de la producción de GLP en el abastecimiento de GLP a nivel nacional?*
11. *¿Cuál es el impacto de la demanda de GLP en el abastecimiento de GLP a nivel nacional?*
12. *¿Cuál es el impacto de la importación de GLP en el abastecimiento de GLP a nivel nacional?*
13. *¿Cuál es el impacto de los inventarios de GLP en el abastecimiento de GLP a nivel nacional?*

1.3 Justificación

Los agentes involucrados en la comercialización del GLP, a nivel nacional, son los productores, importadores, plantas envasadoras, distribuidores a granel, estaciones de servicios y/o gasocentros, consumidores directos, locales de venta y distribuidores en cilindro. En la actualidad, existen 7 empresas habilitadas en el Registro de Hidrocarburos de Osinergmin (RHO) como Productores de GLP y son los encargados de abastecer al mercado nacional con producción propia. Por otro lado, existen 10 empresas habilitadas en el RHO como Importadores de GLP; sin embargo, ninguna importa este combustible.

Dos de las empresas habilitadas, realizan sus transacciones comerciales como importadores abasteciéndose de manera directa de los productores nacionales a fin de atender a sus clientes o realizar transferencias hacia sus plantas de envasado (DPD-GFHL, 2015).

Un informe situacional de la comercialización del GLP en el Perú (DPD - GFHL, 2015), indica que el 83.8% del GLP producido en el país fue adquirido por las plantas envasadoras por compras directas a los productores nacionales o por transferencia efectuada de sus propias empresas; por otro lado, el 60.6% de las ventas de estos agentes (50.8% del total de GLP producido en el país) no fue registrado en las transacciones comerciales del sistema SCOP GLP de la GFHL.

En relación con los volúmenes de GLP comercializados por las plantas envasadoras, existe un 60.6% del GLP recibido o ingresado por compras y transferencias entrantes que no es reportado como salida por ventas y transferencias salientes; esta cantidad no registrada representa el 52% de la demanda nacional de GLP; por tanto, debe evaluarse mecanismos que permitan registrar esta información, de gran importancia para desarrollar la planificación energética.

Asimismo, se ha determinado un ratio de la cantidad mensual que demandan las estaciones de servicio y gasocentros de GLP (demanda mensual acumulada/número de estaciones de servicio y gasocentros de GLP), lo que permite observar que la cuota promedio por estaciones de servicio y gasocentros de GLP se mantiene aproximadamente constante desde el año 2012 hasta diciembre del 2014, lo que lleva a inferir que el incremento de la demanda de GLP está alineado con el incremento del número de estaciones de servicio y gasocentros.

Por otro lado, se ha estimado que, para finales del año 2018, la demanda nacional proyectada incluyendo las exportaciones llegó a 1,900 miles de toneladas, cifra que podría coincidir con la capacidad de producción de GLP a nivel nacional. En relación con la capacidad de almacenamiento de GLP a nivel nacional, actualmente se cuenta con una capacidad instalada de 111.4 miles de toneladas y con proyectos de ampliación por un total de 11.8 miles de toneladas adicionales. El transporte marítimo de GLP se realiza por buque y, eventualmente, sirve como capacidad de almacenamiento adicional.

En julio del 2010 se generó un desabastecimiento parcial de GLP, principalmente en Lima, debido a los fuertes oleajes que impedían que las embarcaciones puedan abastecer de GLP a las plantas de dos importantes empresas abastecedoras de este combustible.

Adicionalmente, los acontecimientos relacionados al abastecimiento de GLP (rotura del ducto de Líquidos de Gas Natural, mantenimiento de los pozos de producción, existencia de periodos de oleaje anómalo que impiden la descarga de GLP) demostrarían que la obligatoriedad de mantener inventarios mínimos de seguridad de GLP es insuficiente para garantizar el abastecimiento del combustible a nivel nacional por lo cual hay que identificar acciones que ayuden a resolver este problema.

En la medida que debe asegurarse el abastecimiento de GLP bajo cualquier circunstancia y, al no existir un estudio prospectivo sobre el mercado peruano de GLP o de combustibles en general, es necesario visualizar diferentes escenarios que contemplen un sistema de abastecimiento enmarcado en las normas legales vigentes y la adecuación de las Centros de Distribución incluyendo la construcción de tanques en ubicaciones estratégicas en diferentes puntos del país.

Cabe indicar que, para realizar este análisis prospectivo, puede desarrollarse un modelo de Dinámica de Sistemas de la demanda y oferta de GLP. Dentro de estos escenarios, fue considerado el desarrollo del proyecto de construcción de un poliducto que transportaría GLP entre Pisco (donde se ubica la planta de fraccionamiento de líquidos de gas natural) y Lima, bajo la modalidad de una asociación público-privada (APP).

De acuerdo al proyecto y dentro del marco del contrato de concesión a suscribirse, un inversionista prestaría el servicio de transporte, almacenamiento y despacho de GLP para usuarios de Lima y Callao; ello implicaba la implementación de la infraestructura necesaria para la prestación de dicho servicio; manteniendo el objetivo estratégico de otorgar la seguridad de suministro de este combustible, en Lima y Callao. La infraestructura mínima por implementarse en cada ciudad, como parte de la concesión, debía considerar un ducto de transporte de GLP desde Pisco hasta un punto de Lima, definido previamente; un centro de almacenamiento y un sistema de despacho en la zona sur de Lima.

De esta forma, el almacenamiento de GLP constituiría una reserva estratégica para el abastecimiento del mercado de Lima y Callao en caso de alguna contingencia. Por diversas razones, el proyecto fue cancelado mediante Circular N° 51; es decir, a través del Acuerdo de Consejo Directivo Proinversión N° 48-3-2018-CD se aprobó la exclusión del proyecto " Sistema de Abastecimiento de GLP para Lima y Callao" del proceso de promoción de la inversión privada.

La investigación pretende establecer razonamientos que permitan prever escenarios futuros plausibles y deseables para el abastecimiento de GLP enfocándose en el establecimiento de políticas públicas a cargo del Estado Peruano que conlleven a alcanzar un escenario que brinde bienestar a la comunidad y a su vez, beneficio económico a los inversionistas.

Además de aportar un estudio que permita tomar acciones para el ordenamiento del mercado peruano de GLP, la importancia de este trabajo radica en la identificación de aquellos factores que determinan una afectación al abastecimiento normal de este combustible; en la confirmación del grado de relación entre ellos y el establecimiento de las acciones que permitan actuar sobre cada uno a fin de prever e impedir un impacto negativo dado que es el energético de mayor uso en el país; en la oportunidad en que se realiza este estudio, habida cuenta que debe ayudar a resolver un problema actual que afecta la economía de la población.

En suma, es un estudio que llena el vacío existente en el estado del arte sobre el abastecimiento de GLP en el mercado peruano. Su aporte a esta investigación incluye la determinación del peso de cada una de las variables en el impacto sobre el abastecimiento de GLP, el grado de correlación o causalidad entre ellas, el análisis de consistencia de los factores y el desarrollo de modelos que permitan simular el comportamiento de este proceso. Para ello, se cuenta con información histórica que da vialidad y factibilidad a la investigación permitiendo el desarrollo del proyecto.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

El propósito principal de esta investigación es realizar, mediante un análisis causal de los factores que impactan el abastecimiento de Gas Licuado de Petróleo utilizando el análisis factorial de componentes principales, la identificación de los factores de impacto significativo en el abastecimiento de GLP a nivel nacional.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Demostrar que el factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es la producción de petróleo.
2. Demostrar que el factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es la producción de líquidos de gas natural (LGN)
3. Demostrar que el factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es el procesamiento de petróleo
4. Demostrar que el factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es la importación de petróleo
5. Demostrar que el factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, son las reservas de petróleo

6. Demostrar que el factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, son las reservas de gas natural
7. Demostrar que el factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es el procesamiento de LGN
8. Demostrar que el factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es la capacidad de almacenamiento de GLP
9. Demostrar que el factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es el cierre de puertos
10. Demostrar que el factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es la producción de GLP
11. Demostrar que el factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es la demanda de GLP
12. Demostrar que el factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es la importación de GLP
13. Demostrar que el factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, son los inventarios de GLP

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de investigación

Las agencias internacionales de energía estiman que el mundo continuará dependiendo de las energías fósiles como el petróleo, el gas o el carbón; estas materias primas se encuentran mayormente distribuidas en pocos países, principalmente en Oriente Medio, por lo que entrar en conflicto con estos países arriesgaría el suministro de energía de gran parte de la población mundial (U.S. EIA, siglas en inglés, 2010; IEA, siglas en inglés, 2015).

En la actualidad, casi el 80 % del suministro mundial de energía es aportado por fuentes de energía fósil, siendo las principales contribuciones de países productores de petróleo como Arabia Saudita (19.4 %), Rusia (17.7 %) y Estados Unidos (20.5 %) y, de gas natural, Rusia (21.8 %), Irán (22.9 %) y Qatar (16.5 %). La producción de carbón es mayormente realizada por China (14.1 %), Estados Unidos (29.2 %) y Rusia (19.3 %) (BP, 2016).

Según la Agencia Internacional de Energía (IEA, siglas en inglés), el consumo de energía primaria mundial ha variado con el incremento porcentual de algunos combustibles frente a la disminución de otros; así por ejemplo en 1990, el gas natural aportó con el 23%, las energías renovables y

la energía nuclear con el 7%, el carbón con el 23% y el petróleo con otros líquidos, el 40%. En el 2013, el gas natural se incrementó al 27%, las energías renovables y la energía nuclear con el 8%, los biocombustibles líquidos aportaron con el 1%, el carbón disminuyó al 18% y el petróleo con otros líquidos, también disminuyó su aporte al 36%. Se proyecta que al 2040, el gas natural se incremente al 29%, las energías renovables suba al 10%, la energía nuclear se mantenga en 8%, los biocombustibles líquidos mantengan su aporte en 1%, el carbón se mantenga con 18% y el petróleo con otros líquidos, reduzca su aporte al 33% (U.S. EIA, 2015).

Desde la creación de la IEA, en 1974, el compromiso es que todos los países miembros cuenten con las reservas suficientes para un suministro continuo de noventa días en caso de ocurrir una interrupción, lo que suele suceder por fallos técnicos, condiciones climatológicas adversas o conflictos bélicos. Estas reservas se utilizaron en tres ocasiones: durante la Guerra del Golfo, en 1991; después de que los huracanes Katrina y Rita dañaran plataformas petrolíferas y refinerías en el Golfo de México, en 2005; y en respuesta a las continuas interrupciones de suministro debido a la guerra civil en Libia en 2011. En los años 2006 y 2009, por diferencias entre Ucrania y Rusia, este último decidió cortar el suministro de gas provocando que muchos países europeos no cuenten con este hidrocarburo. Por su parte, durante años, las naciones integrantes de la OPEP controlaron los mercados internacionales de crudo con sus decisiones de aumentar o disminuir la producción de petróleo para controlar los precios de sus exportaciones (IEA, 2007; Muñoz, 2012)

Durante la II Reunión de presidentes de América del Sur Guayaquil - Ecuador, realizada durante el 26 y 27 de julio de 2002 se firmó el “Consenso de Guayaquil sobre Integración, Seguridad e Infraestructura para el Desarrollo”, en el que los presidentes reafirmaron el rol estratégico de la energía dentro del desarrollo socio económico de América del Sur. Asimismo, con respecto al proceso de integración regional de infraestructura, se destacó la conveniencia de aumentar los niveles de seguridad,

confiabilidad y calidad de suministro de energía en la región, así como de los mercados energéticos con prácticas que sean compatibles con los principios de un desarrollo sostenible para todos los países de la región. El avance en este propósito requiere un aumento en las coordinaciones dentro del ámbito nacional como en el regional.

Asimismo, debido a su importancia, los mandatarios estuvieron de acuerdo en la necesidad de incrementar, así como profundizar los procesos de cooperación e integración energética regional. En la reunión también se hizo un reconocimiento de los avances realizados, los que han permitido formular y materializar importantes proyectos relacionados con la interconexión y el intercambio de energéticos. Dentro de ese contexto, se recomendó impulsar y promover las actividades de exploración, así como la búsqueda de fuentes alternativas en los países que sufren de déficit de recursos energéticos; adicionalmente, identificar mecanismos de asistencia orientados a aquellos países que declaren encontrarse en emergencia energética.

En otro punto tratado en la reunión se subrayó la importancia de contar con un adecuado y armonizado marco técnico-legal regional que permita el intercambio en el sector energético, para el logro de una mayor integración económica que propicie la apertura de mercados, sin restricciones al libre comercio de energéticos, bajo los principios de libre acceso y no discriminación. En ese sentido, se tomó nota del documento titulado “Propuesta de armonización de marcos normativos de la Comunidad Andina” (Comunidad Andina, 2002).

Por otro lado, Isbell (2006) indica que el escenario de la política mundial ha sufrido un cambio radical, al pasar a primer plano los temas relacionados con la energía; así, durante los años 2003 y 2004, los precios del petróleo y el gas crecieron significativamente continuando su tendencia creciente a lo largo de los años 2005 y 2006; sin embargo, esta tendencia cambió a decreciente hacia finales del 2015. Hoy en día, muestra

fluctuaciones, pero con tendencia al alza. En relación con esta fluctuación en los precios, dentro de la economía mundial y como protagonistas de la escena energética global se encuentran los mercados emergentes de Asia. La rápida y creciente demanda de Asia, por petróleo y gas, ha sido la responsable en gran medida de la presión sobre los precios internacionales durante unos años. Además, las empresas asiáticas de energía entraron en el panorama internacional de energía, con una clara percepción de una dura batalla entre las empresas mundiales de petróleo y gas, privadas y públicas, suscitando la competencia geopolítica por los recursos energéticos, tanto dentro de Asia como en el resto del mundo.

La demanda cada vez mayor de petróleo y la gran dependencia de Oriente Medio han planteado cierta problemática para los países asiáticos. Así, estos acontecimientos los exponen, en el plano económico, a la volatilidad de los precios internacionales de la energía.

En el año 2005, el aumento de la demanda de petróleo en Asia y en el resto de los países disminuyó debido al descenso significativo de la demanda china hasta aproximadamente un 2.9% de crecimiento anual (debido a una menor demanda del diésel utilizado para el encendido de generadores eléctricos motivado por una considerable expansión en la capacidad eléctrica). El análisis de Isbell (2006) considera que la mitad del crecimiento total en el consumo de petróleo previsto hacia el 2020 procederá de Asia.

En el 2006, se observó que el consumo de gas natural en la región de Asia-Pacífico (incluyendo a Japón, Australia y Nueva Zelanda) había crecido en más del doble entre los años 1990 y 2004, en relación al incremento de la demanda mundial que fue de alrededor del 33%; por otro lado, el consumo de gas en China e India casi se había triplicado durante el mismo período. En China, era probable un aumento en la demanda de gas hasta el 10% de la mezcla de energía primaria en 2010; sin embargo, en 2020 se prevé que el consumo de gas aumente desde unos 30 bcm (un bcm equivale a mil

millones de metros cúbicos) hasta aproximadamente los 200 bcm, de los que 120 bcm serán producto de la importación.

Con frecuencia se escucha a los analistas que la falta de seguridad energética impide el crecimiento económico de un país; es decir, los problemas económicos y sociales de un país no pueden resolverse si no existe crecimiento. En virtud de ello, es necesario asegurar el suministro de energía con el objetivo de derrotar la pobreza. Ideas similares fueron expuestas por Roberto Angelini, presidente de la Fundación Copec-Universidad Católica, e incluidas dentro de las conclusiones del 7º Seminario Internacional “Hacia dónde va la matriz energética en Chile y el mundo” de Fundación Copec – Universidad Católica, realizado el 9 de noviembre del 2011.

Angelini indicó que la totalidad de los actores involucrados coinciden en que el desarrollo económico orienta a una demanda creciente de energía, constituyendo un reto para todos los sectores económicos, la academia y el Estado, resaltando que “En estas circunstancias, su disponibilidad se torna un dilema de políticas públicas y de carácter económico y social, que todas las naciones deben resolver”.

En otro contexto, la legislación española establece que la trascendencia de las importaciones netas de hidrocarburos en el balance de energía de España hace que cualquier situación problemática en el abastecimiento, incluso si fuera temporal, pueda resultar en graves consecuencias para su actividad económica. Con relación a ello, indica que debe tomarse en cuenta que los mercados internacionales de derivados del petróleo y de gas natural se caracterizan por mostrar una oferta de materias primas imperfecta, que se concentra de manera significativa en zonas geográficas lejanas a la influencia de las economías occidentales.

Por ello, considerando esta situación, acota que el Estado debe velar por la seguridad del abastecimiento continuo de hidrocarburos sobre la base

de las competencias que se encuentran contenidas en la Constitución española en relación a la planificación en materia energética, lo cual sustenta la obligación de mantener inventarios mínimos de seguridad de derivados petrolíferos y de gas natural, así como las exigencias de una adecuada diversificación de proveedores de gas natural.

Escribano (2006) ha analizado el hecho de que las variaciones en los precios de los hidrocarburos además de los conflictos generados por una inestable situación geopolítica internacional, particularmente en regiones y países involucrados en el mercado del gas natural y del petróleo como productores o países de tránsito, podría generar un sentido de urgencia en los gobiernos de países consumidores que deben afrontar los riesgos de no contar con una seguridad energética. Esta urgencia lleva a desarrollar un concepto de seguridad centrado en la dependencia tendiendo a primar una visión de corto plazo en lugar de un enfoque a largo plazo que busque reducir la vulnerabilidad aumentando interconexiones de redes energéticas o incrementando capacidad de almacenamiento.

En este contexto, Escribano establece que los países consumidores tienen como principal dimensión de seguridad energética, la seguridad de abastecimiento, dándole un contenido geopolítico, entendiéndose como tal a la disponibilidad de una oferta apropiada de energía a precios aceptables. Por tanto, en virtud de ello, la seguridad de abastecimiento considera dos conceptos diferentes: el contar con una cantidad de hidrocarburos suministrada a un precio determinado, y el concepto psicológico de seguridad, que es un sentimiento de carácter subjetivo. Asimismo, debe tomarse en consideración también la seguridad de las instalaciones (ante accidentes o ataques), la seguridad medioambiental o la seguridad social.

Otro aspecto analizado por Escribano (2006), es el de la inseguridad energética, la cual considera la existencia de un componente social dado que el aumento de precios genera demandas sociales ya sea por parte de los sectores más intensivos en el uso de energía o por eventuales conflictos

de intereses, como fue el caso del desabastecimiento de Gas Licuado de Petróleo ocurrido entre abril y mayo del 2015 en Lima, en el que los mayores demandantes fueron las plantas envasadoras de cilindros y distribuidores de GLP vehicular.

Además, aunque el trasladar a los consumidores el aumento de precios sea necesario para ajustar los mercados, genera problemas de equidad en el acceso a la energía de sectores de la población de menores recursos. Ello implica un desigual aumento de costos entre los sectores económicos y las propias empresas. En este contexto, la seguridad energética tendrá diferentes implicaciones para el Estado, las empresas energéticas y los consumidores finales (hogares, comercios y empresas).

La falta de seguridad de abastecimiento, y de demanda, es observada también de manera diferente en el corto y en el largo plazo. En el corto plazo, la situación problemática se manifiesta como el impacto socio económico de las interrupciones en la distribución o en el alza de precios que promueve además la especulación; en el largo plazo, de lo que se trata es de asegurar la disponibilidad de la energía.

Para los países consumidores, la seguridad de suministro está relacionada con la dependencia y la vulnerabilidad de los suministros. Estos países afrontan una falta de seguridad de abastecimiento en tanto dependan del suministro de los productores; y éstos, a su vez, afrontan inseguridad de demanda al depender de la demanda de los consumidores. La asimetría de la interdependencia se da para un país productor, debido al costo de una interrupción temporal de suministro que podría ser menor que el costo para un país consumidor. Sin embargo, en el largo plazo esta asimetría desaparece dado que casi ningún productor puede renunciar, durante un tiempo prolongado, a los ingresos generados por sus ventas.

En este punto, existen coincidencias con Escribano (2006) al considerar como externalidad a la seguridad energética, debido a que su

beneficio social es superior al beneficio privado; ello justifica la intervención del Estado para proveer la cantidad óptima de seguridad energética considerando que el mercado podría no valorar, de manera apropiada y suficiente, probables acontecimientos que conduzcan a una interrupción de los suministros (accidentes, desastres naturales o cortes por motivos políticos). Un ejemplo es el mantenimiento de stocks de seguridad (inventarios medios y mínimos) o el exceso de capacidad, lo que supone elevados costos de capital en los que las empresas privadas no incurrirían necesariamente en un entorno competitivo, pero que una vez efectuados son trasladados al consumidor.

En el contexto peruano, en julio del 2010 se generó un desabastecimiento parcial de Gas Licuado de Petróleo (GLP), principalmente en Lima, debido a los fuertes oleajes que impedían que las embarcaciones puedan abastecer de GLP a las plantas de dos importantes empresas abastecedoras de este combustible. Este evento se repitió en diferentes momentos durante el 2015, sumado a acontecimientos relacionados al desborde del río Camisea (en el mes de mayo), que puso al descubierto una parte de la tubería que transporta los líquidos de gas natural (LGN) desde su campo de explotación, generando, por medidas de seguridad, la suspensión de la producción de gas natural y, por lo tanto, de LGN.

De igual modo, en el mismo periodo, la rotura del ducto de LGN de propiedad de Transportadora de Gas del Perú S.A. (TGP) también generó una paralización momentánea en el abastecimiento de LGN a la Planta de Fraccionamiento de Pisco, lugar desde donde se distribuye GLP, por vía marítima y terrestre, a las ciudades de Lima y sur del país.

En relación a estas circunstancias, a fin de asegurar el abastecimiento de GLP, el Reglamento para la Comercialización de GLP, aprobado por Decreto Supremo 01-94-EM regula el aseguramiento del abastecimiento de este hidrocarburo; en su artículo 8, se establece que cada Planta de Producción y cada Importador de este combustible está obligado a mantener

una inventario equivalente a 15 días de la venta promedio de los últimos 6 meses, o de su importación promedio en el mismo periodo, según corresponda.

Sin embargo, un informe del estado situacional de la comercialización de GLP en el Perú (División de Planeamiento y Desarrollo-Gerencia de Fiscalización de Hidrocarburos Líquidos, 2015) muestra un análisis estadístico de las ventas de GLP a nivel nacional de las Plantas de Producción y Abastecimiento. El mencionado informe permitió observar la imposibilidad de supervisar el cumplimiento de esta obligación que garantiza el abastecimiento de GLP, dado que al calcular el número de días de abastecimiento disponible se encontró una variabilidad entre 3 a 12 días sin considerar además la posibilidad de presentarse oleajes anómalos que impiden a las embarcaciones descargar GLP en los tanques esféricos de las Centros de Distribución de dos grandes mayoristas que abastecen la capital y en donde se concentra la mayor demanda nacional.

Posteriormente, esta norma ha sufrido una modificación sin que haya resultado en una solución permanente al problema de suministro. En este contexto, la investigación pretende desarrollar un análisis que permita identificar los factores de mayor impacto en el suministro de GLP mediante un análisis multivariable; y, adicionalmente, un análisis que explore posibilidades que garanticen el normal abastecimiento de GLP y que permita visualizar futuros deseables en los que la demanda nacional de GLP sea cubierta, ya sea por producción nacional o a través de importaciones, mediante diferentes canales y puntos de abastecimiento y distribución.

Como resultado de este análisis, se busca plantear acciones de monitoreo que permitan prever situaciones críticas que conduzcan a generar estrategias que coadyuven a lograr un suministro adecuado de este energético satisfaciendo la demanda nacional. Asimismo, este estudio debe facilitar el análisis de las variables causales involucradas en el abastecimiento de GLP a fin de actuar sobre ellas, prever y contrarrestar

cualquier afectación que pueda incidir en el mercado de GLP que impacta directamente en la economía de la población. El mayor interés de desarrollar esta investigación es que no existe estudio alguno en el país que realice un análisis empírico de los factores que garanticen la continuidad del abastecimiento de este combustible.

La metodología por utilizar incluye la recolección de datos a través de la exploración del entorno mediante consultas a expertos, análisis de las transacciones comerciales del mercado peruano de GLP, informes emitidos por instituciones y agencias nacionales e internacionales de energía y la definición de los constructos a emplear; la comprobación se realizará mediante el análisis multivariable que resulte más apropiado para este caso. Tomando en cuenta la evolución temporal del mercado peruano de GLP, es posible que se encuentre distintos modelos estructurales que muestren diversos estados para las variables consideradas lo cual podría determinar la ampliación para otros estudios que evalúen el efecto del paso del tiempo en el desarrollo del mercado.

Los resultados de esta investigación podrían incidir en la necesidad de cambios en la legislación para lograr un mayor ordenamiento del mercado de GLP y el cumplimiento de las obligaciones de parte de las empresas involucradas.

Colin L. Powell, Secretario de Estado de Estados Unidos en el 2004, declaró la necesidad de establecer un diálogo, con la participación e involucramiento de los principales socios comerciales, principales productores de energía e instituciones internacionales, sobre el rol que asume la seguridad energética en la prosperidad mundial compartida, así como en la promoción del comercio internacional y la inversión en la cadena de abastecimiento de energía. En ese contexto, es necesario analizar los antecedentes de la provisión de combustibles en el Perú para luego realizar los esfuerzos con el fin de establecer una visión compartida sobre la

provisión de combustibles para así contribuir a la prosperidad y crecimiento económico del país.

2.2 Bases Teóricas

El estudio de las diversas teorías dentro del campo del suministro energético involucra aquellas relacionadas a los campos de la estadística y probabilidades. Así, se tomará una aproximación a la Teoría de la Utilidad y la Teoría de la Decisión, dentro de los contextos de certeza, riesgo e incertidumbre.

La Teoría de la Utilidad está vinculada a la Teoría de la Probabilidad; se desarrolló mediante el análisis de problemas relacionados con el juego. Von Neumann y Morgenstern fundamentaron la base matemática de la teoría de la utilidad en 1943, con su teoría de juegos y comportamiento económico. A partir de entonces, las Ciencias Económicas han utilizado la Teoría de la Utilidad y la Teoría de Juegos para describir formalmente el comportamiento individual, si bien también ha sido utilizado por la Ciencia Política.

La Teoría de la Decisión, formulada a partir de la Teoría de la Utilidad, permite representar formalmente las decisiones de los individuos basadas en resultados conocidos, esperados o previstos de las diferentes acciones posibles. La utilidad mide las preferencias de cada agente sobre esos posibles resultados y, en su nivel más complejo de análisis contempla la disposición a asumir riesgos para alcanzar los resultados deseados (o evitar otros no deseados). Las preferencias sobre los resultados (objetivos) de los sujetos decisores (agentes) son deducidas por sus acciones anteriores y se consideran fijas. Las preferencias sobre las distintas acciones o estrategias, sin embargo, variarán en función de la información disponible y los cambios en la situación o el contexto.

Todo problema de decisión queda definido a partir de los siguientes elementos:

Un conjunto A de acciones o estrategias entre las que se elegirá una A_j , que tendrá como consecuencia un resultado.

Un conjunto S de estados del mundo o de la naturaleza, que se refiere a los factores relevantes para el problema sobre los que el decisor no tiene ningún control. Los estados S_i son mutuamente excluyentes y exhaustivos, es decir, están todos y sólo puede ocurrir uno.

Un conjunto C de consecuencias o resultados, que incluye una consecuencia para cada combinación de acciones y estados del mundo, $C(S_i, A_j)$.

Una ordenación de las preferencias P de los resultados. Estas preferencias se suponen fijas, transitivas y completas, siguiendo los requisitos enunciados en la Teoría de la Utilidad.

De estos cuatro elementos, el segundo, referido a los estados del mundo y la información existente sobre ellos, es el que determina el tipo de problema al que se enfrenta el agente. Teniendo en cuenta las características propias de las ciencias sociales, el agente desconoce el estado del mundo por lo que no puede conocer de forma certera las consecuencias de sus acciones. Sin embargo, los agentes pueden estimar qué acción producirá con mayor probabilidad o posibilidad el resultado preferido. Esta evaluación incluye una valoración de las probabilidades o posibilidades de cada estado del mundo, así como una definición de preferencias sobre los resultados.

De acuerdo con la Teoría de la Decisión, y retomando la cuestión de los estados del mundo, los agentes tomarán sus decisiones bajo uno de los

tres contextos de información posibles: certeza, riesgo o incertidumbre (García-Verdugo y San Martín, 2012).

Dentro del contexto de la certeza, en los procesos de decisión bajo certidumbre el verdadero estado del mundo es conocido por el decisor antes de realizar su elección. Por tanto, puede predecir con total certeza los resultados de sus acciones. Dado que no existe aleatoriedad y los resultados de las acciones se conocen a priori, se optará por la alternativa que lleve al mejor resultado, reduciéndose el problema a uno de optimización.

Bajo el contexto del riesgo, en los procesos de decisión en un entorno de riesgo, aunque no se conoce con certeza las consecuencias de cada una de las acciones porque se desconoce qué estado del mundo tendrá lugar, el decisor conoce, o puede estimar, las probabilidades de ocurrencia de cada estado del mundo antes del proceso de toma de decisiones. Esto le permite determinar la probabilidad de que se produzca una consecuencia concreta como resultado de una acción determinada. Como la distribución de probabilidad sobre los estados del mundo es conocida, todos los agentes se enfrentarán a la misma distribución.

El análisis de riesgos se aplica a cuestiones diversas: finanzas (riesgos de un activo negociable), seguros (riesgos de accidentes), proyectos de ingeniería (riesgos asociados al proyecto), salud (riesgos de enfermedades) o juegos de azar. Todos estos elementos se caracterizan por producir resultados que no se conocen con certeza, pero que se pueden describir por medio de una distribución de probabilidad.

Por ejemplo, el análisis de riesgos se podría utilizar para estudiar los riesgos para el abastecimiento de GLP. El procedimiento del análisis de riesgos implicaría, al menos, especificar los atributos relevantes de cada una de las opciones; estimar la distribución de probabilidad de los resultados asociados a cada opción como, por ejemplo, la distribución de probabilidad de accidentes con implicaciones medioambientales para los dos tipos de

transporte y, finalmente, evaluar esos resultados inciertos para proceder a la elección de una alternativa.

La principal herramienta para estimar el riesgo es el uso de datos históricos: su análisis estadístico permite obtener la frecuencia, la varianza y la covarianza. Ésta última se utiliza, por ejemplo, en el análisis de los activos financieros. El problema es que para sucesos poco frecuentes el análisis estadístico suele ser de poca utilidad.

Otros dos instrumentos utilizados para el análisis de riesgos son los árboles de decisión y los árboles de fallos —que pueden aumentar las probabilidades a los posibles eventos intervinientes en las secuencias que generan un resultado— o la selección de componentes que definen los umbrales del riesgo.

Dentro del contexto de la incertidumbre, en los procesos de decisión bajo incertidumbre el tomador de decisiones también desconoce cuál de los estados del mundo ocurrirá. Pero, además, no tiene forma de cuantificar esta incertidumbre; es decir, desconoce la probabilidad de ocurrencia de cada estado del mundo ni puede estimarla de manera objetiva, tampoco puede medir su frecuencia.

Para estos casos se ha desarrollado dos grupos de métodos para la toma de decisiones. De un lado están todos los métodos de selección que evitan el uso de probabilidades; dentro este grupo se encuentran los criterios de decisión utilizados en la Teoría de Juegos, como el Minimax, Maximin o los criterios de Hurwicz o Savage, así como el análisis de escenarios. Del otro lado, se encuentra los métodos o criterios de decisión que utilizan probabilidades subjetivas como el de la utilidad esperada subjetiva o el criterio de Laplace.

El análisis de escenarios, así como los criterios que utilizan probabilidades subjetivas, son los métodos para la toma de decisiones más

utilizados para analizar los sistemas energéticos globales y valorar los riesgos energéticos. Una descripción de los criterios utilizados normalmente en la teoría de juegos puede verse en García-Verdugo y San Martín (2012).

Los escenarios representan las consecuencias de una serie de hipótesis económicas, demográficas y políticas sobre las que no necesariamente existe un consenso, ya que reflejan diferentes opciones. Los escenarios pueden ser cualitativos y/o cuantitativos; sin embargo, y es lo que hay que evitar, pueden ser confundidos con proyecciones de tendencias del presente en tanto no se basan en el concepto de predicción sino en el planteamiento de distintas alternativas o posibilidades sobre el futuro. Por tanto, resulta frecuente el diseño de escenarios para explorar diferentes alternativas, algunas de las cuales pueden distar mucho de las tendencias identificadas (descubrimientos tecnológicos o científicos, colapsos o crisis en los sistemas, cambios institucionales o en el comportamiento humano).

La dificultad actual de la ciencia para realizar predicciones de largo plazo, la evolución de los sistemas sujetos a la acción humana, junto con la necesidad práctica de anticipar señales del futuro para mejorar la información disponible con fines de toma de decisiones, ha hecho que la construcción de escenarios sea una buena herramienta para utilizar en un entorno de incertidumbre. Un análisis detallado de su tipología y su utilización en cuestiones energéticas puede verse en García-Verdugo (2012) y San Martín (2012).

En cuanto a los criterios de decisión que utilizan probabilidades en un contexto de incertidumbre habría que mencionar la utilidad esperada subjetiva y el criterio de Laplace. En el método de la utilidad esperada subjetiva, los agentes pueden realizar estimaciones subjetivas de la probabilidad sobre cómo será el estado del mundo. Esas distribuciones de probabilidad reflejan la visión o percepción del agente sobre los resultados de cada acción, por lo que se basa en su conocimiento de la realidad. Puesto que se basa en juicios personales, cada agente tendrá una

distribución de probabilidad distinta. Por tanto, el problema de decisión se resume en la maximización de la utilidad esperada subjetiva. Éste es el corazón de la Teoría de decisión bayesiana, donde se revisan las probabilidades subjetivas atendiendo a las aportaciones surgidas del Teorema de Bayes. El principal inconveniente de este enfoque es que se requeriría conocer cómo se adquiere la experiencia que luego se manifestará en las probabilidades subjetivas. De no ser así, las probabilidades establecidas serían arbitrarias y las decisiones basadas en este criterio no serían racionales.

El criterio de Laplace (1825), por su parte, se basa en el “principio de razón insuficiente”, según el cual, se puede suponer que todos los estados tienen la misma probabilidad de ocurrencia ante la imposibilidad de saber de antemano qué estado del mundo se va a producir. Esto es lo mismo que el modelo de utilidad esperada subjetiva, pero adoptando la probabilidad subjetiva de que todos los estados son igualmente probables. Dado que la probabilidad de ocurrencia de todos los estados del mundo sería la misma, el agente elegirá aquella acción que le proporciona un mayor resultado esperado independientemente de su probabilidad.

La principal crítica a este método es que puede darse distintas probabilidades, según los casos o categorías que se consideren, frente a una misma realidad. Además, plantea la dificultad práctica de tener que elaborar una lista muy detallada y mutuamente excluyente de todos los posibles estados del mundo. Por otro lado, con base en el concepto de valor esperado, este criterio podría ser acertado para sucesivas repeticiones del proceso de toma de decisiones, pero podría llevar a decisiones poco adecuadas si la elección sólo se produce una vez. En la Tabla 4 se sintetiza lo explicado.

Tabla 4

Criterios de decisión en ambientes de certeza, riesgo e incertidumbre

| Decisiones en presencia de | Conocimiento de los estados del mundo | Medición de la falta de certeza | Criterios de decisión |
|----------------------------|--|--|---|
| Certeza | Variables determinísticas o tratadas como tales | | Utilidad |
| Riesgo | Distribución de probabilidad conocida | Probabilidades objetivas | Utilidad esperada |
| Incertidumbre | No hay fundamento para estimar probabilidades o es muy débil | Criterios de decisión y análisis de escenarios | Maximax, Maximin, Minimax, Hurwics, Savage |
| | | Probabilidades subjetivas | Utilidad esperada subjetiva: Laplace y teoría bayesiana |

Fuente: Muñoz (2012).

Como se ha indicado, los contextos de certeza, riesgo e incertidumbre que indican el conocimiento que el decisor tiene sobre los estados futuros del mundo son los que determinarán el método según el cual los agentes tomarán sus decisiones.

2.3 Marco Conceptual

Se ha encontrado un gran número de investigación científica que trata el tema de la seguridad energética, lo cual es indicativo de la preocupación de las naciones por la fiabilidad y facilidad de acceso al suministro de energía, el de hidrocarburos entre otros, observándose también que este número ha ido creciendo en los últimos años. Muñoz (2012) encontró que esta atención se suele incrementar cuando hay alzas en el precio de la energía o cuando se presentan problemas de suministro. Debido a ello, el

interés que ha despertado estas circunstancias es el de encontrar estrategias de seguridad energética a largo plazo.

El término “seguridad energética” se usa muy comúnmente a pesar de que se encuentra ambigüedades en su concepción. Ello ha hecho evidente la diferencia de criterios de enfoque y ha provocado diversidad conceptual y falta de consenso en cuanto a su definición. Así, Abraham (2004), desde la perspectiva de Estados Unidos, sostiene que la seguridad energética no sólo se trata de asegurar abastecimiento de energía a corto plazo sino también lo esencial que es, para el crecimiento y el desarrollo económico, el acceso confiable a servicios energéticos costeables, limpios y eficientes.

Los Estados Unidos de América ha desarrollado una estrategia de seguridad energética formada por cuatro principios. El primero, implica equilibrar el aumento de producción con el uso limpio y eficiente de la energía. El segundo principio implica, expandir su participación internacional con naciones consumidoras y productoras. El tercero, implica expandir y diversificar sus fuentes de abastecimiento; y, finalmente, promover decisiones en materia de energía guiadas por mercados competitivos y políticas públicas que generen resultados eficientes. La estrategia promueve también la perspectiva de lograr un abastecimiento de energía seguro y sostenible, requiriéndose una transición a sistemas de energía avanzados.

Por lo tanto, un aspecto medular de la política energética estadounidense está centrado en contar con una cartera de tecnologías innovadoras que promete influir de manera fundamental en la manera en que producen y consumen energía. Entonces, sus esfuerzos se centran en aprovechar los instrumentos de políticas de mejoramiento del mercado, las asociaciones público-privadas y la cooperación internacional.

Por otro lado, Van de Wyngard (2006) opina que el término seguridad energética puede interpretarse de diferente forma y, según ello, podría dar lugar a diferentes líneas de acción; así, por ejemplo, en un primer caso se

lograría seguridad de abastecimiento energético para el país considerando todos los riesgos, independientemente de los eventos que se enfrenten en el suministro por terceros. Así también, podría lograrse independencia energética, a través del autoabastecimiento con recursos propios, ello elimina riesgos de dependencia exterior.

Las afectaciones de actuar bajo una interpretación u otra son fundamentalmente económicos; sin embargo, en una sociedad que se desarrolla bajo el esquema de la dependencia entre países y zonas geográficas, es prácticamente imposible elegir una de estas interpretaciones. Debido a ello, Van de Wyngard considera que lograr la seguridad energética implica decidir si un país en desarrollo está dispuesto a asumir el costo de minimizar los riesgos de suministro, pero asumiendo también un cierto grado de dependencia.

Asimismo, Van de Wyngard señala que todo suministro de energía, para un determinado proceso productivo o de servicios, está sometido a una serie de riesgos que pueden tener su origen en su lugar de producción o durante su transporte a los lugares de utilización. La interrupción del abastecimiento del energético, como el gas natural o petróleo, puede originarse durante la extracción y producción en el pozo como en su transporte por ductos o marítimo, y los eventos que pueden originarlo son diversos. El reto está en elegir proveedores, logrando un balance de energéticos y zonas geográficas, así como medios de transporte, que equilibren niveles mínimos de seguridad con costos aceptables.

Escribano (2006) considera que la dimensión principal de seguridad energética para los países consumidores es la de seguridad de abastecimiento, tendiendo a darle un contenido fundamentalmente geopolítico. La definición de seguridad de abastecimiento que considera más extendida es la de disponibilidad de una oferta adecuada de energía a precios que puedan ser asumibles por el comprador; sin embargo, cabe dar paso a la subjetividad considerando ciertas interrogantes como qué es una

oferta “adecuada” y cuán “asumibles” podrían ser los precios para generar seguridad energética.

Dentro de este marco, Escribano señala que la seguridad de abastecimiento incluye dos conceptos totalmente distintos: el hecho básicamente económico, en el que una cierta cantidad de hidrocarburos es comercializada a un precio determinado, y el concepto psicológico de seguridad, que encierra un sentimiento basado en una percepción, y por lo tanto tiene carácter básicamente subjetivo. Sostiene además que debe aclararse que además de la seguridad de abastecimiento hay otros factores importantes de la seguridad energética que suelen ser omitidos, como la seguridad de las instalaciones ante accidentes o ataques, la seguridad medioambiental o la seguridad social.

Simmons (2008), en la conferencia que dictó el 3 de junio de 2008 durante la inauguración del XIX Programa de Magíster en Estudios Internacionales del Instituto de Estudios Internacionales de la Universidad de Chile, indicó que, tradicionalmente, la definición de «seguridad energética» se centra en lograr variabilidad entre los proveedores así como fuentes de energía, induciendo a pensar en una matriz energética diversificada; sin embargo, los políticos estadounidenses la definen de manera algo distinta. Es así como, para ellos se trata de evitar dos situaciones, a cualquier costo: los apagones y las colas para comprar gasolina en las estaciones de servicio.

En cualquiera de estas, se tendrá una gran pérdida política. Sin embargo, opina que en la actualidad se requiere de una perspectiva más amplia, tal es así que, a largo plazo, la seguridad energética lleva a considerar un mayor conjunto de medidas para reducir la dependencia de cualquier fuente única de energía importada; aumentar el número y tipo de proveedores; explotar fuentes locales incluyendo las fuentes de energía renovables, tanto tradicionales como no tradicionales; y reducir la demanda adoptando medidas que se centren en la eficiencia.

En las investigaciones de Muñoz (2012) se encuentran algunas de las críticas vertidas sobre la definición del término que se refieren a la ambigüedad (Marín, Velasco y Muñoz, 2009b), la omisión o falta de precisión de las distintas dimensiones de la seguridad energética, la vaguedad (Löschel *et al.*, 2010), la poca claridad (Frondel y Schmidt, 2008), la subjetividad o la falta de operatividad del concepto (Escribano, 2006). Como consecuencia, la seguridad energética permanece como un concepto impreciso.

Kruyt, van Vuuren, de Vries y Groenenberg (2009) explican esa falta de concreción por el hecho de que la seguridad energética tiene una “naturaleza elusiva” y depende del contexto por el hecho de que la seguridad energética es un concepto multidimensional, en el que se interrelacionan cuestiones técnicas, económicas, sociales, medioambientales y geopolíticas (Escribano y García-Verdugo, 2012). Además, esas interrelaciones se producen tanto a nivel doméstico como internacional, habida cuenta que la distribución geográfica de los hidrocarburos deriva en unas relaciones energéticas internacionales que pueden ser entendidas como un sistema complejo de países productores, consumidores y de tránsito, todos ellos interdependientes.

Muñoz (2012) encuentra que, como resultado, la noción de seguridad energética difiere entre actores (países e individuos) y entre momentos en el tiempo (Alhajji, 2007), aunque estos distintos enfoques se superponen y coexisten (Belyi, 2007). Por lo tanto, afirma que tanto el contexto histórico como el rol que todo país juega en el sistema energético internacional, influyen en la perspectiva de la seguridad energética. Por otro lado, las distintas crisis del petróleo han resaltado los niveles de dependencia y de vulnerabilidad de los países importadores, particularmente respecto de la OPEP. Por ello, la noción más extendida en la literatura es la de “seguridad de abastecimiento energético”, y es la que se analiza en el trabajo de Muñoz, al tener como objeto de estudio la Unión Europea, importadora neta

de hidrocarburos, siendo una visión desde el punto de vista del consumidor-importador (lado del demandante), el cual también sería el caso de esta investigación centrada en un commodity como el Gas Licuado de Petróleo.

De lo revisado en la literatura, pocas veces se ha tratado la seguridad energética desde la perspectiva del productor, sin embargo, en muchos casos los exportadores presentan una dependencia muy elevada de los ingresos procedentes de la energía (caso de Venezuela, Nigeria, entre otros) y, por tanto, es vital para el desarrollo de sus economías. La seguridad energética para los exportadores, por tanto, pasa por garantizar las transacciones y el transporte de la energía y, como resultado, los beneficios que se derivan de la actividad. Una forma de diversificar sus riesgos, simétricamente a lo que ocurre con los importadores de energía, podría ser ampliar su cartera de clientes.

Por lo tanto, Muñoz sostiene que análogamente se podría hablar de una seguridad atribuible a los productores-exportadores (lado del oferente). García-Verdugo y San Martín (García-Verdugo y San Martín, 2009a) proponen denominarla “seguridad de la producción o la exportación energética”. Sin embargo, por una cuestión de simetría, parece más acertado hablar de “seguridad de demanda” energética.

Cabe resaltar que se utiliza el término “seguridad energética” para referirse a la seguridad de abastecimiento (cfr. Kruyt *et al.*, 2009; Löschel *et al.*, 201), siendo que el primero es el marco general que abarca tanto a importadores como exportadores, mientras que el segundo es una subclase. Siendo necesaria la precisión de que se tratará en la investigación de la seguridad energética desde la perspectiva del consumidor.

La seguridad de abastecimiento energético puede tratarse considerándose el corto y largo plazo (IEA, 2007a; Checchi, Behrens y Egenhofer, 2009; Kruyt *et al.*, 2009). En el corto plazo, la seguridad se orienta a la disminución de las potenciales interrupciones del suministro

(Kruyt *et al.*, 2009), pero también a la respuesta ante una potencial escasez energética. La estrategia por seguir en el corto plazo se basaría en la sustitución de los flujos de suministro, la capacidad ociosa de los productores, las reservas de emergencia o las medidas coyunturales para moderar la demanda. El objeto es tratar de reducir el impacto de una interrupción cubriendo la insuficiencia de oferta allí donde sea más necesario (IEA, 2001) y/o restringir el consumo para mitigar la magnitud de la escasez física de energía (IEA, 2007a).

De otro modo, en el largo plazo, la seguridad de abastecimiento se dirige a garantizar la disponibilidad de energía suficiente y compatible con un crecimiento económico estable y sostenido. La estrategia de largo plazo se orienta al incremento de la eficiencia energética, la disminución de la vulnerabilidad, la diversificación de fuentes y proveedores, mediante el uso de otras fuentes energéticas alternativas y otros proveedores, así como el desarrollo de nuevos medios para el transporte y el aumento de las interconexiones de las redes energéticas existentes. Por lo tanto, en esta investigación se procederá a realizar una revisión de las aportaciones más relevantes efectuadas a la fecha, sobre el concepto de seguridad de suministro llegándose a proponer una definición de carácter formal para el modelo peruano de abastecimiento de GLP.

2.3.1 Seguridad de abastecimiento energético

El trabajo de Muñoz (2012) explica que el concepto de seguridad de abastecimiento energético tiene su origen en las economías desarrolladas que empezaron a importar petróleo. Por ello, buena parte de las definiciones que se mencionan en su investigación hablan de seguridad energética, entendiéndose que se trata de seguridad de abastecimiento energético. Esto implica que esta noción podría no responder a las particularidades del caso

peruano o a la perspectiva de los países exportadores, como el caso venezolano.

La noción de seguridad energética ha ido variando a lo largo del tiempo. Inicialmente, la principal preocupación era la seguridad del suministro para propósitos militares para las grandes potencias. En el siglo XIX, la marina de los Estados Unidos utilizó el petróleo para sus barcos de guerra, como reemplazo del carbón utilizado como combustible. Éste sería el origen de la preocupación por la seguridad energética.

Posteriormente, la preocupación por la seguridad energética fue cambiando de la disponibilidad de petróleo para fines militares a la orientada en la economía de los países. Así, el primer análisis oficial sobre la seguridad energética fue proporcionado en el Gabinete del Grupo de Trabajo sobre Control de las Importaciones de Petróleo de 1970, donde se centra la preocupación en la seguridad económica (Bohi y Toman, 1996). La introducción del concepto de desarrollo sostenible en el desarrollo económico y la creciente preocupación por los aspectos medioambientales, han terminado por influir en la seguridad energética al vincularse a un uso excesivo de los combustibles fósiles. Esto ha llevado a que algunos hayan incluido el aspecto de la sostenibilidad en el concepto de seguridad energética.

Bajo la perspectiva del consumidor, se procede a revisar las principales definiciones de “seguridad de abastecimiento” o “seguridad energética”, con la finalidad de llegar a una definición de seguridad de abastecimiento energético que se ajuste al caso peruano.

Una de las primeras definiciones de seguridad energética es la promulgada por la Agencia Internacional de la Energía (IEA, 1985), que se refiere a ella como el apropiado suministro de energía a precios razonables. Aunque posteriormente ha desarrollado otras definiciones entre las que resalta aquella que concibe la seguridad energética en términos de su

disponibilidad física para satisfacer la demanda a un determinado precio (IEA, 2001). Más recientemente, la IEA (2007a) sostiene que la seguridad energética se define en términos generales como el suministro adecuado de energía, de manera asequible y fiable. Aquí, se añade la perspectiva de unos precios competitivos y con poca volatilidad.

La noción amplia de seguridad de suministro de Martin *et al.* (1996; en Berrah, Feng, Priddle y Wang, 2007) distinguen tres elementos fundamentales que componen la seguridad energética, como es limitar la vulnerabilidad de interrupción debida a la dependencia externa; la provisión de un suministro adecuado para una creciente demanda a precios razonables y el reto medioambiental relacionado con la energía trabajando dentro de las restricciones de un desarrollo sostenible.

La interpretación de seguridad de abastecimiento de un proveedor de gas natural como Open Joint Stock Company (OAO) Gazprom, aunque reconoce ciertas dificultades para definir la seguridad de abastecimiento del gas por tratarse de un concepto multidimensional, identifica tres aspectos de especial importancia: “la disponibilidad de recursos y de infraestructuras (existencia física de recursos suficientes, [y] existencia de infraestructuras adecuadas para llevar los recursos al mercado); disponibilidad económica (asequibilidad de suministros, acuerdos contractuales en orden (incluyendo tránsito)); continuidad de abastecimiento ([ausencia de] interrupciones a corto plazo accidentales (causa natural/técnica), interrupciones deliberadas del suministro)” (Belyi, 2007).

Según se observa, la definición de seguridad de abastecimiento ha evolucionado y ha sido ampliada o sintetizada, por diversos autores. Asimismo, algunas interpretaciones ponen más énfasis en la perspectiva económica, otros en la política y otros en la perspectiva medioambiental. Algunas se basan en cuestiones de corto plazo —precios y cantidades inmediatas— y otras involucran elementos de largo plazo —bienestar económico y desarrollo sostenible.

Adicionalmente, se pueden distinguir dos cuestiones a las que apuntan todas las definiciones: volúmenes y precios. Se puede apreciar que la accesibilidad a volúmenes requeridos y precios, están implícitos o explícitamente en todas las definiciones de seguridad de abastecimiento. En concreto, se repite el uso de algunos términos relativos o cualitativos como: permanente, fiable, continuo e ininterrumpido, apropiado, suficiente, asociados a la disponibilidad de volúmenes; y razonable, asequible y aceptable, ligados a los precios. Estas características son fundamentalmente de origen geológico, técnico, económico y geopolítico, ya que se refieren a la disponibilidad de recursos, el buen funcionamiento de las infraestructuras y la fiabilidad de todos los países involucrados en el sistema energético. Esto requiere de un nivel adecuado de inversiones.

La disponibilidad de recursos a largo plazo está relacionada con las reservas. No existen estimaciones fiables sobre un potencial agotamiento de los hidrocarburos, pero no se puede dudar que son recursos finitos y no renovables en escalas cortas de tiempo por lo que en un momento u otro se podría llegar al límite de explotación. Sin embargo, la mayor preocupación es que la producción no pueda cubrir la demanda. A las variables relacionadas con la disponibilidad física de energía hay que añadir las asociadas al ritmo de producción, como son la demanda y las decisiones de carácter político que afecten a la producción. A su vez, la capacidad de producción depende de las inversiones pasadas.

En la seguridad energética, influyen factores tanto de demanda como de oferta. Así, si la demanda crece más que la capacidad de la oferta, los precios crecerán, lo que se traducirá en una mayor inversión y una expansión de la capacidad de producción. Desde la perspectiva del consumidor, la seguridad del suministro dependerá de su capacidad para pagar los precios vigentes en un momento dado, para una cantidad de energía necesitada. Pero, aunque se clarifique el concepto, sigue siendo controvertido determinar el nivel de precios que es asequible, ya que entran

en juego cuestiones como la variedad de fuentes energéticas, la diversidad de precios y mercados y calidades de esas fuentes, diferencias en los niveles de poder adquisitivo entre los consumidores, entre otros. Los precios del crudo se forman en los mercados mundiales, por lo que se aplica el mismo para distintos países con diferentes capacidades adquisitivas.

Escibano y García-Verdugo (2012) sostienen que el requisito de asequibilidad se refiere principalmente a la formación de precios, basada en las variaciones en la oferta y demanda en los diferentes mercados, libre de las imperfecciones del mercado que encarezcan el precio de las fuentes de energía sin un fundamento en las condiciones del mercado. La seguridad de suministro en términos de nivel de precios, por tanto, se logrará cuando los incrementos de precios o su impacto económico son minimizados, de tal forma que no afectan de forma significativa al bienestar social de un país.

En cuanto a la sostenibilidad medioambiental, aunque recientemente se ha añadido un componente de sostenibilidad medioambiental a algunas definiciones, la seguridad energética y la protección del medio ambiente son objetivos diferentes cuyas políticas no son fácilmente compatibles; tampoco son objetivos complementarios, considerándose más bien que existe un conflicto entre estos objetivos.

En esta etapa del análisis, se considera que la seguridad de abastecimiento energético viene a ser la disponibilidad continua de suministros energéticos, en las cantidades necesarias y a precios asequibles tales que un país pueda desarrollar una actividad económica normal manteniendo el bienestar de los ciudadanos. Dado que cada país tiene una idiosincrasia y unas circunstancias distintas en su entorno, cada uno tendrá una percepción distinta de la misma, por lo que la apreciación de la seguridad de abastecimiento energético se basa tanto en cuestiones objetivas como de naturaleza subjetiva. Adicionalmente, tras la distinción de las dos perspectivas de la seguridad energética (puntos de vista del consumidor y del productor), se propone una definición integral de la misma.

La seguridad energética, entonces, consiste en la estabilidad del sistema energético considerando un flujo constante y suficiente de energía tal que garantice el desarrollo económico y el bienestar social de todos los grupos de interés involucrados en el sistema.

Considerando que esta Tesis Doctoral tiene como ámbito de estudio el suministro de Gas Licuado de Petróleo, el análisis se basará en la seguridad de abastecimiento de este energético. Además, conviene precisar que, aunque sin dejar de lado los precios, la investigación se centrará fundamentalmente en los factores que determinan la disponibilidad física del GLP, ya que se realizará un análisis de la seguridad considerando los factores que inciden en la disponibilidad y continuidad de su suministro.

Esta investigación tiene a la seguridad de suministro como una variable objetivo, por lo que la seguridad es el resultado analizándose sus causas. Esto significa que se utilizarán indicadores *ex-ante*. Estos indicadores se preguntan sobre las expectativas de que el sistema energético sufra graves impactos en el futuro, por lo que reflejan las circunstancias que pueden implicar un riesgo para la seguridad energética futura (Löschel *et al.*, 2010).

La amplitud del marco de los indicadores *ex-ante* es mayor que la del *ex post*. Mientras estos últimos se concentran fundamentalmente en los precios y volúmenes, los primeros contemplan un espectro más amplio de cuestiones relativas a potenciales riesgos del sistema energético, como la estructura del mercado de los distintos *commodities* (materias primas), eventos políticos, progresos tecnológicos, cambios en el *mix* energético de los países y grado de dependencia de las importaciones, o la elasticidad de la sustitución entre combustibles, así como entre la energía y el capital o el trabajo.

En definitiva, la aproximación a la seguridad energética se orientará hacia los factores causantes de la estabilidad del suministro físico de

energía, básicamente de GLP, que se verá amenazada por interrupciones (potenciales o prácticas) en el suministro de GLP, bien sean temporales o permanentes y parciales o totales.

2.4 Marco Filosófico

En principio, la investigación se inscribe dentro del enfoque filosófico de investigación científica y de seguridad energética.

La filosofía de la ciencia trata de explicar la naturaleza y la obtención de conceptos, hipótesis, modelos, teorías, paradigmas, así como su relación con la realidad; asimismo, junto a la filosofía de la tecnología podrá describir, explicar, predecir y contribuir al control de la naturaleza; formulando y utilizando el método científico.

La ciencia no tiene un orden determinado ni un paso clave dentro del proceso, que garantice el éxito de los proyectos que se desarrollen con base en su filosofía. Si se presenta una situación problemática, la forma de resolverla es ir cambiando el proceso aplicado, adaptando el método. No hay una guía base para cada investigación, pero sí existen muchos métodos que provienen de experiencias anteriores.

En suma, muchos investigadores y filósofos coinciden en que la mejor manera de hacer ciencia es ir adaptando nuestros pensamientos circunscribiéndolos al problema, pero tomando en cuenta su propia identidad. Este es el camino que se pretende seguir en el desarrollo de esta investigación que trata de analizar la situación problemática de la seguridad del abastecimiento de Gas Licuado de Petróleo (GLP), evaluando posibles alternativas para resolverla.

Considerando que la filosofía de la ciencia investiga todo conocimiento científico, así como la práctica científica, en esta parte del estudio se tratará de mostrar cómo las teorías científicas son filosóficas de tal forma que permitirá establecer proposiciones básicas relacionadas al análisis de la seguridad energética y del suministro de reservas estratégicas de combustibles dentro de un modelo o paradigma apropiado.

La filosofía de la ciencia comparte con la teoría del conocimiento, pero restringe su campo de investigación. El empirismo subraya la importancia de los hechos frente a las interpretaciones. Dentro del empirismo, Auguste Comte propuso la filosofía del positivismo, en la que la ciencia se reduce a relacionar fenómenos observables sin considerar el conocimiento de las causas. Ernst Mach ejerció el empiro-criticismo y desarrolló una filosofía empirista centrada en los conceptos y métodos de la ciencia. De acuerdo a ello, ésta debe estudiar sólo los fenómenos observables.

El empirismo y el logicismo son las dos principales fuentes de los orígenes de la filosofía analítica. Uno de los primeros movimientos fuertes dentro de esta corriente fue el positivismo lógico (empirismo lógico). Dentro de ella también tiene un lugar especial el estudio de la lógica y los lenguajes consolidándose la filosofía del lenguaje.

La idea central del positivismo y del neopositivismo, un modelo de ciencia en el que se procede mediante generalizaciones (inducción) a partir de los datos, es que la ciencia debe utilizar las teorías como instrumentos para predecir fenómenos observables. Así, el neopositivismo presenta una visión instrumental de la ciencia. Con el progreso de la ciencia, la contrastación entre proposiciones y observaciones permite una confirmación gradual y creciente de las teorías.

Karl Popper, frente al neopositivismo, indicó que la ciencia no es capaz de verificar si una hipótesis es cierta, pero sí puede demostrar si ésta es falsa; así, postuló que la inducción nunca podrá examinar todos los casos

posibles, bastando uno solo que la contradiga para desterrar una teoría. Así, frente a una postura basada en la verificación, Popper propuso el falsacionismo; de forma que, a pesar de ser realista aceptaba la incertidumbre; es decir, nunca se podrá saber cuándo nuestro conocimiento es cierto. Por tanto, desarrolló el método hipotético deductivo. Es decir, la ciencia propone hipótesis que luego se somete a la experimentación para detectar los errores. Este parecería ser el paradigma aplicable a esta investigación.

La propuesta en la lógica de la investigación científica es que el conocimiento científico avanza descartando leyes que contradicen la experiencia, a lo que Popper llama falsación. De acuerdo con ella, principalmente, el científico debe criticar leyes y principios de la naturaleza con el fin de reducir el número de teorías compatibles con las observaciones experimentales de las que dispone. Luego, debe utilizar el criterio de demarcación que lo capacita para establecer si una proposición debe ser refutada o falseada. Entonces, sólo serán admisibles las proposiciones científicas que sean conceptualmente posibles de comprobar en un experimento o que, mediante alguna observación, las contradiga.

Popper establece que, a mayor especificidad y complejidad del modelo científico, habrá mayor cercanía con la realidad. Sin embargo, acepta que, para que existan modelos y teorías verdaderas, siempre existirán sus contrapartes y otras teorías igualmente verdaderas que las invaliden. Esto significaría que sólo se puede generar una verdad, o conocimiento, a partir de modelos científicos o hipótesis perfectas, pero siendo esto algo ideal, se acepta que el modelo sea lo suficiente aproximado como para que funcione en la mayoría de los escenarios.

Entonces, si tomamos como base los criterios de Popper, en todo momento estamos elaborando teorías e hipótesis de acuerdo a nuestras expectativas y la mayor parte del tiempo las estamos experimentando. En virtud de ello, en el momento en el que una teoría puede ser contrastable,

aunque no sea verificable, es falseable. Por tanto, cuando se generaliza algo y puede haber una excepción o una refutación, ese algo se convierte en teoría científica. Así, no se trata de verificar infinitamente una teoría, sino de encontrar algo que la convierta en falsa; haciéndolo de manera lógica y no metodológica. Bajo esta premisa, la evolución del conocimiento científico se encarga de eliminar teorías mediante conjeturas, que se ponen a prueba y son refutadas a través del método científico.

Hasta la década de los sesenta prevalecieron las explicaciones lógicas de la ciencia. Con la publicación de Thomas Kuhn, "La estructura de las revoluciones científicas" se desarrolló un cambio en la perspectiva y se empezó a tomar en cuenta los aspectos históricos, sociológicos y culturales de la ciencia; la ciencia es presentada bajo un punto de vista histórico y sociológico. Kuhn llama paradigmas a las teorías dominantes bajo las cuales trabajan los científicos.

Normalmente, la ciencia está en un estado habitual en el que el científico no busca criticar el paradigma, sino que lo da por hecho y busca más bien ampliarlo. Si el número o la importancia de los problemas no resueltos dentro de un paradigma son grandes, podría sobrevenir una crisis y cuestionarse la validez del paradigma. Entonces la ciencia pasa al estado en el que los científicos ensayan teorías nuevas. Si se acepta un nuevo paradigma que sustituya al antiguo se produce una revolución científica. Así, se ingresa en un periodo nuevo de ciencia en el que se pretende conocer el alcance del nuevo paradigma.

El nuevo paradigma es admitido por argumentos lógicos en el que intervienen, de manera importante, aspectos culturales propios del científico. Según Kuhn, "la inconmensurabilidad de los paradigmas" representa la visión de la naturaleza que acompaña al nuevo paradigma y que no puede ser comparado bajo ningún elemento común a la del antiguo. El nuevo se admite de forma generalizada cuando los científicos del antiguo paradigma van siendo reemplazados.

Kuhn considera el asunto de la renovación científica como el de innovación y desgaste y, por lo tanto, de ubicación en el tiempo. Así, una propuesta científica está en su plenitud cuando nadie la cuestiona dentro del mismo ambiente científico; lo que quiere decir que nadie, en un momento determinado, tiene más información que pueda poner en duda una determinada propuesta o teoría. Es decir, un paradigma es fuerte en la medida que no existe refutación. En suma, los paradigmas proporcionan, durante un tiempo determinado, modelos de problemas y soluciones que son aceptadas por la comunidad científica pertinente. Sin embargo, si llega nueva información que produce cambios, los paradigmas entran en crisis dando lugar a las “revoluciones científicas”.

Si los paradigmas van cambiando, a veces rápida o a veces lentamente, habrá momentos en los cuales dos o más paradigmas tendrán validez de forma simultánea y convivirán en un periodo de tiempo determinado. De tal forma que el cuestionamiento de un paradigma dependerá directamente de nuestra capacidad de observación, de medición, de creación, de análisis e interpretación.

Lakatos, pretendió demostrar que la ciencia progresaba de modo racional, en su intento de adaptar el sistema de Popper a la nueva situación creada por Kuhn. Así, la historia muestra que la ciencia avanza tomando en cuenta la competencia entre las teorías y su confirmación. Ante esto, se reconoce que la dificultad está en que, en la práctica, puede tomar mucho tiempo desarrollar la confirmación y completarla, o incluso ser inaplicable en investigaciones muy complejas. Pero también se reconoce y se concluye que los científicos no utilizan la falsación como criterio para descartar teorías enteras, sino para hacer que éstas se desarrollen y perfeccionen. Y, por otra parte, se reafirma la necesidad de confirmar los supuestos científicos pues permite mantenerlos vigentes.

Así, Lakatos plantea una nueva unidad de análisis: el programa de investigación científica, el mismo que consiste en una sucesión de teorías relacionadas entre sí, de manera que unas se generan partiendo de las anteriores. Estas teorías comparten un núcleo firme protegido por un escudo protector que consiste en un conjunto de hipótesis auxiliares que pueden ser modificadas, eliminadas o reemplazadas por otras nuevas con el objetivo de impedir que se pueda falsear el núcleo firme central.

Un programa de investigación se rechaza completamente cuando se dispone de otro programa alternativo superior que explica todo lo que explicaba el anterior más otros hechos adicionales. Así, dentro de todo programa de investigación científica hay una heurística negativa y otra positiva. La heurística positiva actúa como una guía que indica la forma de continuar el programa, mientras que la heurística negativa impide la refutación del centro de análisis.

Si un programa de investigación científica se enfrenta a distorsiones empíricas que teóricamente no pudieron predecirse, entonces es reemplazado por otro programa de investigación científica que compite con él. En el supuesto de que no haya otro programa de investigación científica competidor que conserve los elementos no refutados del programa anterior y, a la vez, tenga soluciones para las nuevas distorsiones, el programa de investigación científica se queda en etapa regresiva hasta que se pueda recuperar. Los programas de investigación científica son degenerativos, cuando el programa es incapaz de predecir fenómenos nuevos por mucho tiempo; o, son progresivos cuando el programa es exitoso.

Bajo este contexto, se podría decir que todo proyecto de investigación se encuentra dentro de un programa de investigación científica; por tanto, el desarrollo del análisis de la problemática de suministro de energía también se podría realizar bajo los supuestos y consideraciones de un programa de investigación científica.

Por otro lado, siguiendo el concepto paradigmático de Kuhn, en la segunda mitad del siglo XX surgió el paradigma socio crítico como parte de las críticas que un grupo de investigadores, como el psicólogo social norteamericano K. Lewin, plantearon a la investigación convencional. La originalidad de Lewin radica en el aporte de un nuevo concepto de investigación, la investigación acción, a partir de la cual los avances teóricos y los cambios sociales se logran simultáneamente. Este paradigma sostiene que el conocimiento es un proceso constructivo de comprensión crítica y de acción sobre la realidad.

El proceso de investigación promueve la incorporación de los valores (subjetividad) e intereses del investigador, con generación del conocimiento a partir de una metodología dialógica y participativa. Así, el investigador es un colectivo participativo que promueve la simplificación de instrumentos de investigación para favorecer los procesos participativos.

Asimismo, en el enfoque cuantitativo y en el enfoque cualitativo de Giroux (2000) se considera que, en el primer caso, se analiza rápidamente miles de casos; mientras que, en el segundo se propone obtener conocimientos de alcance general mediante el estudio a fondo de un pequeño número de casos. Será interesante evaluar si estos enfoques son aplicables al estudio de la seguridad energética, parecería que sí. El enfoque cualitativo sería de mejor aplicación dado que el análisis de la problemática de seguridad energética es distinto en cada país ya que cada uno obedece a políticas energéticas distintas en virtud de que se desarrolla dentro de entornos geopolíticos distintos; este es el caso de España y la Unión Europea con respecto de China y los países del Asia.

Sin embargo, el enfoque cuantitativo es preferido por muchos investigadores por cuanto, a partir de seleccionar una muestra representativa y confiable, es posible conocer la probabilidad de que un hecho suceda. Es usual que se opte por escoger el enfoque que sea capaz

de responder a la pregunta de investigación. Por tanto, el enfoque cualitativo podría utilizarse en las primeras etapas de la investigación.

El enfoque cuantitativo parte de suponer que todos los datos son cuantificables (Kerlinger, 1975) y para ello, se sustenta en los fundamentos del positivismo y del establecimiento de leyes universales, siendo algunas de sus características el situar su principal interés en la explicación, la predicción y el control de la realidad; por otro lado, tiende a reducir sus ámbitos de estudio a fenómenos observables y susceptibles de medición buscando la formulación de generalizaciones sin considerar el tiempo y contexto además de priorizar los análisis de causa-efecto y de correlación estadística. Este enfoque usa técnicas estadísticas para la definición de muestras, análisis de datos y generalización de resultados, así como instrumentos estructurados y estandarizados. Además, enfatiza la observación de resultados y otorga importancia a los criterios de validez y confiabilidad en relación con los instrumentos que utiliza.

El enfoque cualitativo está orientado a entender las acciones de las personas en función de la práctica. Los esfuerzos del investigador están centrados en describir y comprender lo que es único y particular del objeto de estudio que en aquello que es generalizable. Concentra su investigación en la descripción, comprensión e interpretación de los significados que las personas le dan a sus propias acciones, estudiando los hechos dentro de una visión holística y evitando la partición. No admite los análisis causales (causa-efecto), ya que toma en cuenta que los hechos se manifiestan como el resultado de la acción de múltiples factores asociados y utiliza técnicas de observación participante asociado a un análisis profundo, desde una perspectiva subjetiva y particular. Usa técnicas, instrumentos, fuentes y observadores, para comparar y diferenciar la información recopilada. Utiliza también, procedimientos de investigación abiertos, flexibles, que siguen lineamientos orientadores, pero evitan estar sujetos a reglas fijas y estandarizadas con énfasis en la observación de procesos. Entonces, se

comprueba que es posible además de deseable, alternar el análisis cualitativo con el análisis cuantitativo, ya que son complementarios.

A través del paso del siglo XX, una serie de pensadores, desde la investigación empírica, fundamentalmente la antropológica y sociológica, hasta la reflexión filosófica, a través de escuelas como la fenomenología, la hermenéutica, el constructivismo y la filosofía crítica, hicieron muchos intentos por estructurar métodos de investigación social alternos al positivismo. Uno de estos pensadores, Paul K. Feyerabend, afirma que no tiene sentido hablar de una metodología científica universalmente válida dado que no es posible dictar normas a la ciencia para su desarrollo. Por otro lado, dado que no se sabe qué paradigmas dominarán la ciencia del futuro no es lógico descartar teorías que podrían abrir muchas posibilidades de desarrollo científico.

Por otro lado, Larry Laudan (1941) propuso reemplazar lo que llamó “modelo jerárquico de la toma de decisiones” por el modelo reticulado de justificación. En el modelo jerárquico, los objetivos de la ciencia fijan los métodos que se utilizarán, y éstos determinan los resultados y teorías. En el modelo reticulado, se considera que cada elemento ejerce una influencia sobre los otros dos, de tal forma que todo debe ser justificado. En este modelo, el progreso de la ciencia está siempre relacionado con el cambio de objetivos, considerando que la ciencia está dentro de un proceso dinámico carente de objetivos estables.

Otros, como Rom Harré (1927) y su discípulo Roy Bhaskar (1944) optaron por el desarrollo del realismo crítico. De acuerdo a ello, el empirismo y el realismo conducen a dos tipos distintos de investigación científica. Mientras que la línea empirista trata de encontrar concordancias con la teoría, la línea realista trata de conocer con mejor detalle, las causas y los efectos. Por tanto, para el tiempo actual, el realismo se muestra más coherente con los conocimientos científicos.

Mario Bunge (1919) se presenta como materialista emergente. Es un realista crítico que se encuentra dentro de la corriente racionalista de oposición al neopositivismo. Bunge piensa que el conocimiento del mundo es provisional e incierto, pero la realidad existe y es objetiva.

Robert K. Merton, influido por los trabajos de Kuhn, fue considerado como el fundador de la sociología de la ciencia en los años cuarenta. La aportación básica para la filosofía de la ciencia fue introducir el término paradigma como supuestos teóricos generales; es decir, leyes más técnicas en una comunidad científica determinada, donde un antiguo paradigma es, total o en parte, reemplazado denominándose proceso de revolución científica con un cambio no acumulativo, sino más bien paradigmático.

Por otro lado, en el análisis del significado del término conocimiento, el conocimiento de hechos se basa en la relación causa y efecto, tradicionalmente interpretada bajo la noción del principio de causalidad, como uno de los principios fundamentales del entendimiento. Según Hume, la relación causal se ha concebido tradicionalmente como una "conexión necesaria" entre la causa y el efecto, de tal manera que, conocida la causa, la razón puede deducir el efecto que seguirá, y viceversa; conocido el efecto, la razón está en condiciones de conocer la causa que lo produce.

El principio de causalidad sólo tiene valor cuando es aplicado a la experiencia; es decir, aplicado a objetos de los que se tiene alguna impresión, por lo cual se dice que sólo tiene valor aplicado al pasado ya que no se tiene experiencias de los fenómenos que puedan ocurrir en el futuro. De esta manera, en ningún caso, la razón podrá ir más allá de la experiencia.

La búsqueda de un criterio que establezca límites va ligada a tratar de identificar cuál es la propiedad que demuestra que el conocimiento científico ha hecho posible el avance en el entendimiento de la naturaleza. Algunos filósofos han buscado la respuesta en el inductivismo; así, si se considera

que, si una ley física es confirmada repetidamente a través de la experimentación, se puede decir que es cierta o, al menos, se le asigna una gran probabilidad. Pero David Hume, establece que ese razonamiento, no puede sostenerse en criterios estrictamente lógicos en virtud de que éstos no permiten inducir una ley general o universal, partiendo de un conjunto finito de observaciones particulares.

Con el objetivo de contrarrestar la crítica de Hume, Popper dejó el inductivismo y sostuvo que primero son las teorías, y que únicamente, basado en ellas, es posible fijarse en los hechos. Las teorías siempre preceden a la experimentación. Con ello, Popper supera la controversia entre empirismo y racionalismo, sosteniendo que las teorías anteceden a los hechos, pero que las teorías necesitan de la experiencia (en su caso, de las refutaciones) para distinguir qué teorías son aptas de las que no lo son.

Con este análisis, es posible indicar que este proyecto de investigación desarrolla un paradigma analizado bajo el enfoque cuantitativo de Kerlinger y que sigue el pensamiento filosófico de Popper, modificado por Lakatos, al poder considerarlo dentro de un programa de investigación científica.

El marco filosófico dentro del contexto de la seguridad energética se perfila bajo la filosofía de Kuhn; de acuerdo con Escribano (2006), la seguridad energética depende del desarrollo de los mercados energéticos, de los escenarios internacionales a largo plazo y de la situación geopolítica.

Según esto, se presenta un escenario llamado Mercados e Instituciones, otro escenario alternativo de Imperios y Regiones y los tres descritos por Shell Global Scenarios: “Low Trust Globalization, Open Doors y Flags”. El primero de estos tres últimos, está basado en el dilema entre la seguridad y la eficiencia, se caracteriza por una integración internacional limitada, intervenciones estatales intrusivas y discontinuidades institucionales. El segundo escenario surge de la disyuntiva entre la

sostenibilidad medioambiental y la eficiencia, con primacía de los incentivos del mercado y la participación de la sociedad civil, caracterizado además por la integración transnacional, la armonización y el mutuo reconocimiento de normas. El tercer y último escenario de Shell, responde a la lógica mercantilista y conduce a la fragmentación regulatoria, el nacionalismo y el conflicto de valores entre las diferentes regiones.

Escribano (2006) explica que las diferencias entre los escenarios se basan en la aplicación de los paradigmas neoliberales y neorrealistas a las situaciones energéticas internacionales. Los paradigmas de la economía política internacional diferencian el mundo neoliberal, gestionado mediante los mercados y las instituciones internacionales, y el mundo realista impulsado por relaciones de poder. Esto muestra dos visiones distintas del orden mundial: un mundo integrado por los mercados en los que los conflictos se resuelven mediante la cooperación, o un mundo dividido en el que los conflictos se resuelven ejerciendo la hegemonía política, económica y militar. Bajo el paradigma neoliberal, la seguridad energética se logra a través del desarrollo de los mercados y la gestión de los conflictos a nivel multilateral a través de instituciones supranacionales.

Esto sugiere avanzar en la integración de los mercados y en la estabilidad de las zonas productoras y de tránsito, mediante la cooperación internacional y el impulso hacia la sujeción a reglas de juego claras en materia política, económica y de seguridad jurídica.

Por el contrario, el paradigma neorrealista de la seguridad energética implica la subordinación de los mercados a la política exterior y el desarrollo de relaciones bilaterales.

Por otro lado, las investigaciones de Muñoz (2012) se orientan al análisis de la seguridad energética según los paradigmas de la Economía Política Internacional; de manera que establece que cuando se trata la

seguridad energética en el marco de la Economía Política Internacional, se aplican fundamentalmente los paradigmas neorrealista y neoliberal, determinando una concepción y aproximación de ambas por parte de los agentes involucrados. Muñoz indica que éstas se manifiestan en las estrategias de los gobiernos y las políticas energéticas a aplicar, así como en los distintos escenarios que se consideran; presentándose una relación con la estructura de los mercados.

De acuerdo con estas investigaciones, la seguridad energética podría obtenerse mediante aproximaciones sucesivas y utilizando diversas estrategias en función del paradigma que se aplique. Se ha encontrado que los enfoques neoliberal y neorrealista son los que mejor han explicado el comportamiento de los Estados, como unidad de análisis, en la Economía Política Internacional. Por otro lado, aunque los estudios desde la perspectiva realista hayan sido criticados, se han mantenido dentro del panorama científico y del comportamiento político. Asimismo, en el campo de la seguridad energética, tanto el enfoque neorrealista como el neoliberal se han manifestado y explican muchas de las acciones que llevan a cabo los gobiernos, como fue demostrado en la investigación de Muñoz (2012). Estos dos paradigmas que, en cierta medida son antagonistas, reflejan el dilema de los Estados a la hora de promover la seguridad energética.

Bajo el paradigma neorrealista, la seguridad energética se basa en el enfoque racional de las relaciones políticas internacionales, por lo que se fundamenta en los desequilibrios estructurales entre productores y consumidores de energía (Belyi, 2007). El suministro de energía se convierte en un recurso productivo que se utiliza como una fuente de poder, pero también, de vulnerabilidad e inseguridad. En este contexto, los neorrealistas entienden la seguridad en términos defensivos, en relación a una amenaza externa; u ofensivos, como una forma de optimizar los beneficios relativos, tal es el caso de los países occidentales que prefieren aplicar estrategias ofensivas, por tratarse de su principal vulnerabilidad en el exterior (Belyi, 2007).

En la década de los noventa el concepto de seguridad fue redefinido por Barry Buzan y la Escuela de Copenhague, según los cuales la seguridad es el resultado de una interpretación política de una amenaza. Es lo que se conoce con el nombre de securitización. Buzan sostiene que “la seguridad es algo mucho más específico que cualquier amenaza o problema” (Buzan et al., 1998), en referencia a esa interpretación particular de la amenaza en cuestión (Muñoz, 2012).

La visión de algunos autores es que la seguridad energética tiene un fuerte componente subjetivo basado en la percepción de inseguridad (Skinner, 2006; Escribano y García-Verdugo, 2012); es decir, según el origen de procedencia de los suministros o según la aversión al riesgo de cada país. Según el teorema de William I. Thomas formulado en su libro “The child in America: Behavior problems and programs” (1928), si una situación es definida como real, es real en sus consecuencias.

En la interpretación de la seguridad de la Escuela de Copenhague, se distingue cinco sectores de la seguridad (Belyi, 2007); el primero es el sector político, el cual se refiere a la estabilidad, tanto interna como externa de los Estados. Es decir, en un cierto orden internacional, en las relaciones energéticas se hace evidente una búsqueda continua y permanente de independencia energética. Hay que considerar que la estabilidad, tanto en el plano nacional como internacional, requiere de una continuidad de suministro de energía para el desarrollo económico de los países.

En segundo lugar, se tiene el sector militar, que va en relación con la capacidad de defensa y la capacidad ofensiva de los Estados; cabe resaltar que la contribución de la energía a estas capacidades es indirecta. A su vez, los recursos energéticos han sido el origen de muchos conflictos, lo que genera un aumento en las capacidades militares, como medida disuasiva o para afrontar un conflicto.

El sector social, en el entendido de la búsqueda de una identidad cultural, influye en la tendencia a conseguir un mayor desarrollo tecnológico en el campo de la energía y en el estilo de vida, lo cual implica hábitos de consumo de energía marcando ciertas tendencias.

El sector económico contribuye a la formación de los precios de la energía y afecta a la accesibilidad de la energía; es decir, implica el acceso a los recursos y su disponibilidad en los mercados. La seguridad económica es entendida como la facilidad para anticipar la conducta de los agentes económicos en economías capitalistas.

Finalmente, el sector medioambiental está referido a la protección del medio ambiente. El crecimiento poblacional y el económico conducen a un continuo aumento en el uso de la energía lo cual contribuye al deterioro del medioambiente.

La seguridad energética se encuentra relacionada con los cinco sectores de forma transversal, por la cantidad de elementos económicos, políticos, militares sociales y medioambientales que involucra. La energía se constituye como la causa y consecuencia directa o indirecta de muchos factores que afectan a la economía política internacional actual, tanto desde el punto de vista de su acción sobre la seguridad energética en numerosos asuntos o conflictos internacionales como de la magnitud de ellos.

Muñoz (2012) establece que la economía política internacional se puede analizar desde distintos niveles, los cuatro principales son: internacional, regional, nacional y doméstico. La Escuela de Copenhague etiqueta cada uno de estos niveles como sistema, subsistema, unidad y subunidad, respectivamente. El nivel fundamental de análisis en los estudios sobre seguridad es el regional, compuesto por un grupo de países ligados regionalmente. Esto se debe a que la seguridad nacional no puede ser contemplada de forma independiente; sino que la seguridad de cada país

está vinculada a la del resto de miembros de su grupo regional (Buzan et al., 1998).

Así, las amenazas se propagan más fácilmente cuanto menor es la distancia, por lo que la interdependencia en el campo de la seguridad suele producirse dentro de grupos regionales o, al menos, la intensidad de esa interdependencia es mucho mayor entre los miembros de una misma región. Es lo que se dio en llamar los “complejos de seguridad regional”, definidos como “un conjunto de Estados cuyas principales percepciones y preocupaciones sobre seguridad están tan interconectadas que sus problemas de seguridad nacional no pueden ser analizados o resueltos de forma razonable por separado” (Buzan et al., 1998). Este es el caso de Medio Oriente, Europa o el Sur de Asia, que se han basado en sus características históricas y geopolíticas.

De manera análoga, las interacciones en materia energética entre dos o más países dentro de una región geográfica específica y que implica una relación de dependencia entre países involucrados, formaría un “complejo de seguridad energética regional” (Palonkorpi, 2007). En el concepto de “complejo de seguridad energética” la dependencia es percibida como una amenaza, por lo que atiende al concepto de securitización. En consecuencia, se entiende como aquella región geográfica donde se produce una dependencia negativa (entendida como dependencia desigual y amenazante) (Palonkorpi, 2007).

Por tanto, la amenaza que surge de la dependencia energética tiende a ser más intensa cuanto mayor sea la proximidad geográfica entre los países de un complejo de seguridad energética regional. Por otro lado, el transporte marítimo de hidrocarburos desde zonas remotas permite la dependencia de terceros países a pesar de la lejanía física (un ejemplo sería la importación de petróleo por parte de Estados Unidos desde el Golfo Pérsico).

Los neorrealistas apuestan por la primacía de las relaciones bilaterales y las acciones unilaterales en su búsqueda de seguridad energética, subordinando los mercados a la política exterior (Escribano, 2011). En consecuencia, los gobiernos centrales tienen un papel fundamental en la política de seguridad energética y será el Estado el que deba lidiar con la competencia por los recursos, las rutas de tránsito y los socios comerciales.

En caso de ser un país productor, el comercio de energía tendería a estar controlado por el Estado y dominado por las compañías nacionales de petróleo y gas natural, perjudicando a las compañías internacionales, lo que a su vez refuerza la estrategia estatal bilateral (Palonkorpi, 2007). En caso de tratarse de un país importador, el gobierno intervendrá para tratar de asegurar el suministro energético mediante la proyección de su poder sobre las regiones productoras y de tránsito y los acuerdos estratégicos. Así, el marco para las relaciones entre productores y consumidores estará formado fundamentalmente por los contratos bilaterales a largo plazo; la preferencia por las conexiones punto a punto y por el recurso al “poder duro”, las influencias y concesiones políticas.

En el primer caso, las ganancias relativas prevalecen sobre las absolutas, de ahí que haya inclinación por los acuerdos bilaterales. Los contratos a largo plazo se refieren al sector del gas, en particular, y juegan un papel importante al asegurar el suministro mediante cláusulas que penalizan su interrupción. Además, al ser a largo plazo, crea un mayor costo de oportunidad del corte energético.

En cuanto a las conexiones punto a punto, son las redes las que se conectan únicamente en dos puntos (país productor-país consumidor), evitando la intermediación de países de tránsito en el suministro de la energía, ya que constituye una vulnerabilidad y un incremento de los riesgos asociado al transporte de la energía. Sin embargo, esto no obstruye el desarrollo de infraestructura si implica un beneficio relativo en forma de

mayor seguridad energética. Se refiere más bien a una planificación que incluya a los actores clave en el sistema, evitando las iniciativas colectivas, ya que el entorno es de competición, no de cooperación.

En tercer lugar, el poder potencializa la capacidad de modificar el comportamiento de otros para obtener lo que uno quiere (Nye, 2006). Existen básicamente dos formas distintas de conseguir ese efecto: el “poder duro” y el “poder blando”, en la terminología utilizada por Nye hace ya 20 años (1990). Según Nye, el poder duro surge del poder militar y económico, mientras el poder blando nace del atractivo cultural, ideológico y las políticas de un país (Nye, 2003).

La corriente neorrealista se alinea con el poder duro “hard power”, que puede definirse como el ejercicio del poder político para condicionar o ejercer influencia sobre el comportamiento o los intereses de un país tercero, fundamentalmente por medios militares y/o económicos. Esto implica el recurso coercitivo, aunque en ocasiones, también combinada con compensaciones positivas, por lo que no descarta los recursos del poder blando (la técnica del palo y la zanahoria).

El enfoque neorrealista ha sido tradicionalmente empleado por los Estados Unidos en las cuestiones energéticas; históricamente ha concebido sus relaciones exteriores desde una aproximación basada en la política, la geoestrategia y la supremacía militar. Algunas expresiones de esta forma de asegurar el suministro energético son las alianzas estratégicas con actores clave en el sistema energético internacional (Estados Unidos y Arabia Saudita) o, en segunda instancia, vía contención (Irán y Rusia) (Escribano, 2011). Aquí, en el marco de las alianzas, el componente militar tiene especial significado ya que, por un lado, puede resultar un elemento de persuasión a la hora de alcanzar acuerdos y, por otro, puede suponer un tácito intercambio de acceso a recursos energéticos a cambio de protección o de apoyo.

Bajo el paradigma neoliberal, en la seguridad energética, las fuerzas políticas son dominadas por los mercados de forma que las leyes de la oferta y la demanda serán las que prevalezcan en las relaciones energéticas, dando prioridad a mecanismos propios de un mercado internacional de la energía (global, en el caso del petróleo, y regional, en el caso del gas natural). Esto favorece que las compañías internacionales de energía sean actores principales del sistema (Palonkorpi, 2007) aunque la capacidad militar también se puede concebir en el marco del poder blando (Nye, 2003). Por otro lado, el poder económico, también puede ser utilizado como instrumento de atracción no de coerción.

Pero la primacía de los mercados en la visión neoliberal no implica una defensa de los valores liberales a ultranza. Como los mercados de la energía no funcionan en competencia perfecta, no resulta eficiente ni se maximiza el bienestar social. Los Estados intervendrán en los mercados mediante sus políticas energéticas, su influencia sobre terceros y con la cooperación energética internacional para alcanzar resultados más eficientes. Así, la seguridad energética se basará fundamentalmente en la cooperación y el diálogo internacional y se orientará a asegurar las inversiones necesarias en el sector y a la gestión de normas (reservas y capacidad ociosa, por ejemplo) en iniciativas multilaterales.

En concreto, el paradigma neoliberal aplicado a la seguridad energética consistirá fundamentalmente en el desarrollo y la integración de los mercados, lo cual implica unas redes energéticas altamente interconectadas, la cooperación energética internacional, el desarrollo de instrumentos basados en el poder blando o civil, característicos de la UE (que además posee un poder normativo), y el establecimiento de regímenes internacionales, la presencia de instituciones y de foros multilaterales.

En primer lugar, el desarrollo y la integración de los mercados pretenden facilitar el libre comercio. Los desequilibrios regionales en la dotación de recursos naturales se pueden suplir con el comercio

internacional. Un elevado nivel de comercio entrañará un alto grado de interdependencia, pero, al ser entendido como dependencia mutua (no como vulnerabilidad), y al ser el comercio un inhibidor de los conflictos ofrecerá una mayor seguridad energética (merece la pena recordar que éste era uno de los elementos de la teoría de la Triangulación de la Paz y la Paz liberal).

Relacionado con lo anterior, el desarrollo de una red altamente interconectada favorecerá el comercio de la energía y la flexibilidad de los mercados. La planificación de las infraestructuras implicará una visión más global y un alcance generalmente más regional. Esto facilitará el recurso a las acciones colectivas y servirá, por tanto, a objetivos colectivos, no sólo individuales. El resultado es una mayor propensión a las conexiones “multipunto”, en las que existen diversos puntos interconectados, por lo que se pueden utilizar distintas rutas para alcanzar distintos destinos. Esto redundará en una red más tupida de conexiones y una mayor diversificación.

En tercer lugar, resulta fundamental la promoción de la seguridad energética exterior mediante la cooperación internacional. La cooperación permitirá, mediante el diálogo y la negociación, alcanzar acuerdos sobre la promoción de relaciones políticas favorables para la estabilidad y la seguridad energética conjuntas, el comercio, las inversiones en el sector, las medidas de promoción de ahorro y eficiencia energéticas, el desarrollo e integración de infraestructuras energéticas transnacionales, la asistencia técnica, la electrificación de áreas rurales y zonas vulnerables y de bajos recursos, la difusión de tecnologías limpias como las fuentes de energías renovables, entre otros.

Paralelamente al concepto de “concepto de seguridad energética regional” se podría hablar de “comunidad de seguridad energética” en casos de interdependencia positiva, entendida como interdependencia de mutuo beneficio. El término de “comunidad de seguridad” fue propuesto por Kart W. Deutsch a finales de la década del cincuenta y está referido al conjunto de Estados que, por un proceso de integración, desarrollan un espíritu de

comunidad tal que se comparte valores y se genera cooperación, por lo que lo previsible es que, de producirse conflictos en esa comunidad, serían resueltos de forma pacífica (Deutsch, 1957; en Palonkorpi, 2007). La cooperación será más intensa entre países dependientes energéticamente cuando éstos se encuentran en una comunidad de seguridad energética regional. La Unión Europea podría ser un referente de comunidad de seguridad energética en evolución.

En cuarto lugar, el Neoliberalismo trata con los instrumentos propios del poder blando (soft power) o civil, que consiste en el ejercicio del poder político para lograr unos objetivos mediante la atracción de su cultura, los ideales políticos, normas, instituciones y la diplomacia y las políticas exteriores. En este caso se basa en la capacidad de atracción y persuasión (Nye, 2006), lo que significa que puede ser utilizado tanto por Estados como por organizaciones internacionales. Los gobiernos pueden crear o adaptar políticas exteriores (principalmente la diplomacia, pero también pueden ofrecer incentivos, programas de intercambio, ayudas, etc.), aunque no está en sus manos el que otros países estimen sus valores políticos y culturales.

Este concepto pasó bastante desapercibido por los estudios sobre seguridad internacional, probablemente porque durante décadas dominaron las ideas neorrealistas. Sin embargo, con el final de la Guerra Fría fue recuperado y adaptado por los constructivistas. Éstos lo han redefinido más en términos ideológicos, de valores compartidos, interacciones múltiples e intereses recíprocos, encajándolo en la doctrina neoliberal.

Aunque inicialmente el poder económico fue considerado una herramienta del poder duro, su influencia puede ejercerse como mecanismo tanto del poder duro como del blando. En otras palabras, se puede coaccionar mediante sanciones o atraer con bienestar (Nye, 2006). El poder blando ha sido tradicionalmente atribuido a actores como la Unión Europea. Su capacidad de influir en terceros por esta vía es una de las marcas de su

política exterior. No obstante, según Manners (2002), los conceptos de poder civil y poder militar no describen el poder real de la UE.

La UE se ha construido bajo una base normativa e ideológica, actúa conforme a esas normas en sus relaciones internacionales y las difunde a terceros países, así como a organismos internacionales. Por ello, la forma de interrelación e influencia de la UE está determinada por el conjunto de normas que lo conforman, lo que define un poder normativo propio de la UE en la política mundial (Manners, 2002).

Por último, la seguridad energética es más propicia con el establecimiento de un marco internacional estable y previsible para las relaciones energéticas internacionales a través de la instauración de unas normas y unos principios que las guíen, así como un canal fluido de información y la reducción de los costes de transacción. Esto se consigue con la instauración de regímenes internacionales y la presencia de instituciones y foros multilaterales, que permitan un funcionamiento más eficaz del sector y la gestión de los conflictos internacionales (éste era uno de los mecanismos de la teoría de la Triangulación de la Paz y la Paz perpetua).

La eficacia de las instituciones internacionales en la gestión del comercio de energía tiene un papel relevante en la promoción de la seguridad energética. Cada institución está construida sobre la base de principios, normas y reglas y, en consecuencia, transmite unos valores y unos objetivos, así como los medios para conseguirlos. Por ello, se sabe que las instituciones contribuyen al diseño de estrategias dentro de la política energética interna de un país. Belyi (2007) identifica cinco tipos de instituciones, basado en el poder económico, la cooperación diplomática y las instituciones supranacionales.

Un primer tipo de instituciones es el que se basa en la información internacional; es decir, son aquellas instituciones que proporcionan

conocimiento e información en materia energética como, por ejemplo, la Agencia Internacional de la Energía, que es una organización intergubernamental que surgió con la finalidad de asesorar a sus países miembros, todos ellos importadores de petróleo pertenecientes a la OCDE. Aunque su propósito inicial era el de fomentar la cooperación entre ellos para contrarrestar el poder de la OPEP, actualmente busca promover una energía limpia, confiable y asequible para los ciudadanos de estos países. Además, difunde investigaciones y publica estadísticas, análisis además de proporcionar recomendaciones (IEA, 2012).

Otro ejemplo sería el de la Iniciativa sobre Transparencia en las Industrias Extractivas (EITI, por sus siglas en inglés), que estableció en 2003 doce principios para mejorar la gestión de gobierno de los países ricos en recursos. Promueve la verificación y publicación completa de los pagos de las empresas y los ingresos de los gobiernos provenientes del petróleo, el gas y la minería. El objetivo fundamental es fortalecer la gobernanza mediante una mayor transparencia y responsabilidad en los sectores extractivos (EITI, 2009). En la actualidad está formado por 11 países miembros y 22 candidatos (la mayoría africanos), aunque también participan empresas, órganos del sector, inversionistas, ONGs y el Grupo del Banco Mundial. En 2008 surgió la EITI++, destinada a ampliar el alcance de esta iniciativa a la totalidad de la cadena de recursos: extracción, procesamiento, gestión de los ingresos y promoción del uso sostenible y eficiente de los recursos (WB, 2008).

Un segundo tipo de instituciones se relaciona con las reglas generales de derecho económico internacional; es decir, son instituciones que establecen acuerdos legales vinculantes de carácter general y que nacen de iniciativas multilaterales. Tal sería el caso de la Organización Mundial del Comercio (OMC), a través de la Ley del Mar y el arbitraje internacional. Este organismo internacional es el único que se encarga de las normas que rigen el comercio entre países. Su finalidad es la de facilitar la libertad y previsibilidad de los flujos comerciales (WTO, 2011).

A pesar de ello, el rol de la OMC en el comercio internacional de la energía ha tenido un impacto poco significativo. El comercio del petróleo fue eximido de facto de los principios de la OMC tras las crisis del petróleo de los setenta. Por otro lado, algunos de los principales países productores han estado al margen de la organización (Arabia Saudita pasó a ser miembro en 2005, mientras otros como Irán, Irak y Rusia son observadores). En cuanto al gas y la electricidad, han sido tratados como servicios, no como bienes. Aunque el proceso de liberalización del sector por el que se reestructuran las empresas verticalmente integradas (proceso de desagregación vertical o unbundling) puede dar lugar a una mayor implicación de la OMC en el sector (Belyi, 2007).

Un tercer tipo de instituciones, son las específicas del sector; las que proponen acuerdos específicos que tienen un efecto sobre el mercado internacional de la energía. Un ejemplo de ello es el Tratado de la Carta de la Energía. Este Tratado instituye el comercio de energía (petróleo, gas y electricidad), y surge con el objetivo de crear un marco jurídico para el desarrollo de la cooperación internacional en materia energética, especialmente orientado al libre tránsito de energía. Fundamentalmente se basa en la no discriminación en el acceso a la red de transporte por tierra y la no discriminación a la hora de otorgar derechos para construir nuevas capacidades de tránsito terrestre (Energy Charter Secretariat, 2004). En este sentido, hace suyos los valores de la OMC y añade un conjunto de prácticas para el arbitraje internacional.

En este grupo se podría incluir la OPEP (Angola, Arabia Saudita, Argelia, Ecuador, Emiratos Árabes Unidos, Libia, Nigeria, Irán, Irak, Kuwait, Qatar y Venezuela), organización creada en 1960, de la que son miembros una buena parte de los mayores productores de petróleo del mundo. Según proclama, su actividad se dirige a la unificación y coordinación de las políticas petroleras de los países miembros y la estabilización de los mercados del petróleo (OPEC, 2011). Aunque en la práctica, ésta actúa

como un cártel, determinando la producción y los precios a través de cuotas de exportación fijadas en términos políticos, con la finalidad de maximizar sus ingresos y, en ocasiones, utilizar la energía como un arma de presión política. No obstante, cada uno de los países miembros aplica políticas diferenciadas en la extracción y tienen diferentes intereses políticos y preferencias.

Cabe indicar que, algunos países han realizado contactos para desarrollar una OPEP del gas (denominada en inglés GASPEC está formada por: Rusia, Argelia, Bolivia, Egipto, Irán, Qatar, Libia, Trinidad y Tobago, Guinea Ecuatorial, Venezuela y Nigeria. Kazajstán y Noruega actúan como observadores y algunos otros como Brunei, Indonesia, Malasia, Holanda y los Emiratos Árabes Unidos, han participado en algunos encuentros). El paso más significativo al respecto fue la formación del Foro de Países Exportadores de Gas, fundado en 2001 y, en diciembre de 2008, sus once miembros firmaron el Estatuto correspondiente. De llegar a culminar este proyecto, tendría efectos significativos sobre la estructura del mercado del gas, ya que los países involucrados suman en torno a dos tercios de las reservas probadas de gas natural y un tercio de la producción mundial.

Los principales acuerdos que hasta el presente han alcanzado sus miembros están referidos al intercambio de información y tecnología, la integración y estabilidad del mercado del gas, la coordinación de políticas y proyectos de inversiones y la investigación colectiva sobre el mercado. La principal diferencia de esta organización del gas respecto de la OPEP reside en que todavía no ha establecido cuotas de exportación, lo que en buena medida obedece a que la mayor parte de los contratos de gas natural son a largo plazo y todavía están vigentes; y, a que esta iniciativa tan sólo se ha planteado en una etapa muy inicial y es de un desenlace incierto.

El Foro Internacional de la Energía (FIE) es el encuentro mundial más multitudinario que reúne a los Ministros de Energía de los países miembros de la AIE y la OPEP, además de Brasil, China, India, México, Rusia y

Sudáfrica. Con ello reúnen a los proveedores y consumidores de más del 90% del petróleo y el gas mundiales. Su meta es la de fortalecer la seguridad energética mundial mediante el diálogo entre sus miembros (IEF, 2011).

La Carta de Recursos Naturales propone una serie de principios económicos para que los países mejoren la gestión de sus recursos naturales y aprovechen las oportunidades de desarrollar sus economías de forma sostenible gracias a esos recursos (NRC, 2011).

Otro ejemplo sería la Agencia Internacional para la Energía Atómica, la organización internacional creada para la cooperación en el ámbito de la energía nuclear, con el objeto de promover unas tecnologías seguras y con fines pacíficos (IAEA, 2010).

El cuarto tipo de instituciones son las que responden a iniciativas regionales, nacen como organizaciones económicas regionales que desarrollan e implementan prácticas en materia energética. Éste es el caso de la legislación comunitaria para el mercado interior.

Finalmente, se tienen las instituciones transnacionales establecidas por actores comerciales privados, que corresponderían al caso de acuerdos comerciales y financieros entre firmas multinacionales para operaciones de exploración y producción de hidrocarburos; fusiones o asociaciones industriales.

Como evidencia empírica y aplicación de los paradigmas neorrealista y neoliberal se puede decir que, hasta finales de siglo pasado, la situación energética había tendido a ser explicada mediante el enfoque realista de las relaciones internacionales, por lo que se ponía el acento en cuestiones como la competencia por los recursos, la geopolítica y el imperialismo. Por ello, han prevalecido muchos aspectos de la aproximación neorrealista sobre la seguridad energética. Esto se manifiesta, por ejemplo, cuando surge una

situación de crisis o conflicto relacionada con la energía, cuya resolución suele producirse bajo una respuesta de carácter bilateral.

Por otro lado, la visión neorrealista se refleja en la percepción subjetiva de la seguridad energética. No es algo que mencionen la mayoría de los autores, sin embargo, está subyacente tanto en declaraciones escritas como verbales. Esto se debe, en buena medida, a la dificultad para cuantificar la seguridad o los riesgos energéticos y, por extensión, para disponer de indicadores óptimos que permitan valorar de forma íntegra y objetiva el nivel de seguridad o inseguridad de un país. En su ausencia, las apreciaciones particulares y las estimaciones fundamentadas (*educated guess*) guiarán las distintas percepciones sobre la seguridad energética.

El enfoque neorrealista también se evidencia en la generalización del concepto de interdependencia energética en términos de vulnerabilidad, más que como una dependencia mutua. Además, ha adquirido una connotación no sólo económica sino marcadamente política. Esta interpretación se debe a la idea de que la energía, además de ser un recurso productivo, también puede ser una fuente de poder o de vulnerabilidad, según el caso. Así, en la realidad se observa que los Estados tratan de reducir su dependencia de las importaciones de energía, para evitar la vulnerabilidad que la dependencia crea, por lo que la dependencia energética se entiende más bien en términos neorrealistas.

Cuando un Estado tiene una considerable dependencia de terceros para el suministro de un recurso clave en la economía está sujeto a la posibilidad de cortes o chantajes si surge algún conflicto con el país suministrador (caso de Rusia con Ucrania). La interdependencia puede llevar tanto al conflicto como a la cooperación, lo que dependerá de cómo los Estados enfoquen las interrelaciones con terceros. Cuando los Estados dependientes de las importaciones tienen una aproximación neorrealista en sus relaciones internacionales, tratarán de tener un control sobre los recursos (caso de los Estados Unidos), por lo que pueden entrar en conflicto

con el país proveedor, incluso con sus otros clientes. Pero, sin necesidad de llegar al conflicto, la dependencia ha tendido a ser percibida como una vulnerabilidad, en muchas ocasiones. Esto es así porque la interdependencia energética suele ser fuertemente asimétrica.

En todo caso, también se ha extendido la idea de que lo verdaderamente relevante no es tanto la dependencia energética como la vulnerabilidad de los países y el sistema energético. Lo cierto es que el comercio internacional es el mecanismo que da respuesta a las necesidades de recursos energéticos y la interdependencia también es entendida como una dependencia mutua: el comprador depende de la energía y el productor depende de los ingresos que le proporcionan sus ventas. Esto, que plasma la visión neoliberal, supone un refuerzo para la seguridad bilateral y la estabilidad del sistema a largo plazo.

También merece la pena recordar que la interdependencia es compleja, por lo que, en el momento de analizar la posición de un país frente a otro, habría que contemplar el conjunto de sus interrelaciones. En ese caso, puede cambiar el resultado y, si tuvieran una interdependencia más o menos simétrica en su conjunto, se podría entender como una dependencia mutua.

Durante el embargo del petróleo árabe en la década de los setenta se puso de manifiesto la vulnerabilidad de los Estados Unidos frente a las presiones de la OPEP. Entonces surgió un intenso debate sobre la posibilidad de utilizar la fuerza militar para tomar los campos de petróleo árabes (Mearsheimer, 1990).

Desde entonces, se sospecha que la energía ha estado detrás de muchas de sus injerencias en países terceros. Aunque se presentaría el problema de cómo agregar dependencias, porque, aunque se pudiera utilizar los saldos de los flujos comerciales bilaterales, no todos los bienes y

servicios tienen el mismo valor estratégico, por lo que requerirían de una ponderación.

Sin perjuicio de esta interpretación de los distintos acontecimientos en el campo de la energía, también se puede observar que el enfoque neoliberal se ha introducido progresivamente en el tratamiento de la seguridad energética.

Este impulso se ha debido al surgimiento del nuevo orden internacional tras la desintegración de la Unión Soviética y el proceso de globalización, apoyado en un gran crecimiento de las interrelaciones económicas y el surgimiento de la percepción de la aldea global. En la actualidad, existe un amplio margen de cooperación en las relaciones energéticas internacionales y es más fácil y barato que nunca establecer acuerdos y supervisar su seguimiento (por la reducción de los costes de transacción). Han surgido nuevas instituciones internacionales en el sector, aunque no siempre lleven aparejado el éxito de su función (como ocurre con la Carta de la Energía). También se han multiplicado los flujos comerciales de energía, por lo que han crecido los mercados y están más integrados e interconectados físicamente.

Algunas cuestiones dependen del mercado. Se podría decir que el mercado del gas parece encajar en una concepción neorrealista, ya que es regional (por tanto, la seguridad se concibe a ese nivel, al igual que los complejos de seguridad regional), está más intervenido por los Estados y en él han tendido a prevalecer los contratos a largo plazo. En el lado contrario, Neoliberalismo, se podría ubicar el mercado del petróleo, más global, más liberalizado y flexible y con un mayor papel de las compañías internacionales.

El resto de los elementos (como la aplicación del poder duro o blando) dependen de las preferencias de cada país por uno u otro enfoque.

El Neorrealismo resulta ser el enfoque preferido por los exportadores, que ven en la dotación de recursos y en su posición en el mercado de la energía como una forma de poder (una de las pocas, si no la única, en la que se pueden imponer a Occidente). Pero también lo es de algunos de los grandes consumidores. Así, se pueden encontrar casos como China, India y Rusia que optan por un sistema energético Estado-céntrico. Mientras, Japón y la UE conceden mayor importancia a los mecanismos de mercado y apuestan por elementos neoliberales como forma de reforzar su seguridad energética. Aunque estos países también incorporan distintos grados de nacionalismo empresarial, competencia internacional y estrategias unilaterales o bilaterales.

Un caso particular sería el de Estados Unidos, puesto que tradicionalmente ha adoptado una postura marcadamente neorrealista en su política de seguridad energética (Van der Linde et al., 2004), a la par que optando por un sistema económico liberal regido por los mercados. No obstante, en los Estados Unidos habría resurgido una estrategia más nacionalista y unilateral, con motivo de los atentados del 11 de septiembre de 2001 (Van der Linde et al., 2004).

Los medios neorrealistas resultan más costosos en términos de gestión unilateral de los conflictos y de dotación de fuerzas (poder militar, económico y político). En otras palabras, la competencia frente a terceros probablemente resulte más cara que la cooperación internacional, mientras los resultados de una u otra estrategia son difícilmente comparables y dependerán de cada caso y circunstancia.

Al final, tales visiones se trasladan a la estrategia a seguir por parte de cada país para promover la seguridad energética, que puede ir más o menos orientada hacia los mecanismos del mercado o del poder geopolítico de los Estados.

No obstante, aunque en términos teóricos estas dos orientaciones, mercado versus Estado, parecen responder a los paradigmas neoliberal y neorrealista, respectivamente, en la práctica, la seguridad energética de los países descansa en una combinación de ambas estrategias, que alcanzará mayores o menores grados de protagonismo del mercado o del Estado en función de su visión de la economía política internacional.

Una de las conclusiones del informe “Energised foreign policy – security of energy supply as a new key objective” elaborado por de Van der Linde et al. (2004), en el que analizan la seguridad energética tras los atentados del 11 de septiembre de 2001, es que el enfoque neorrealista sobre la seguridad no permite entender ni desarrollar las estrategias necesarias para lidiar con los retos del mundo actual (Van der Linde et al., 2004). Sin embargo, según Palonkorpi (2007), el hecho de que la mayoría de los países productores y algunos consumidores emergentes, como China e India, opten por sistemas centralizados, determinará que el escenario internacional que prevalecerá será el de competencia geopolítica guiada por el Estado, más acorde con el enfoque neorrealista.

La amplia gama de posibles combinaciones de las dos aproximaciones genera una incertidumbre entre los distintos enfoques a aplicar y entre las diversas políticas que se pueden adoptar bajo cada paradigma. Por ello, la combinación de ambas es necesaria (cuanto menos, recomendable) para garantizar la seguridad de suministro (Youngs, 2009), ya que los mecanismos exclusivamente neorrealistas o neoliberales pueden resultar insuficientes.

En definitiva, las distintas aproximaciones de la Economía Política Internacional tienen una evidencia empírica en la realidad internacional y en las distintas concepciones y acciones de los actores internacionales. Cada actor puede elegir entre ambas aproximaciones en su estrategia internacional.

Además, cada una de estas visiones puede ser concebida y ejercida con mayor o menor intensidad. Es decir, se podría pensar en una línea continua que iría desde el Neorrealismo radical al Neoliberalismo extremo, en la que los distintos países pueden situarse en distintos puntos que reflejarían distintas combinaciones e intensidades de ambas perspectivas.

Cuando se concibe de una manera concreta la seguridad energética, implica una noción particular de las estructuras económicas que afectan a la misma, por tanto, también de cómo evolucionan y la influencia que ejercen.

Igualmente conlleva una percepción particular de la seguridad energética y cuáles son los medios preferidos para su consecución, poniendo de manifiesto el papel de las instituciones políticas y la concepción ideológica asociada a las políticas económicas.

En consecuencia, no hay una única corriente que explique de forma completa la realidad. Como existen distintas aproximaciones que, en muchas ocasiones se superponen entre sí y coexisten de forma simultánea, por ello se puede concluir que la realidad muestra una combinación de ambas (en menor o mayor medida) y que son compatibles entre sí en el tiempo y el espacio. Como resultado, no siempre resulta nítida la atribución de un elemento o su interpretación a un determinado paradigma. Conocer ambas perspectivas permite entender, e incluso anticipar, el comportamiento de los Estados frente a la seguridad energética.

2.5 Glosario

Mediante el Decreto Supremo N° 032-2002-EM, se aprobó el “Glosario, Siglas y Abreviaturas del Subsector Hidrocarburos”, de los cuales se han extraído algunos términos que a continuación se detallan:

2.5.1 BARRIL. Es la unidad de medida de capacidad de los Hidrocarburos Líquidos, que consiste en cuarenta y dos (42) galones de los Estados Unidos de América, corregidos a una temperatura de 15,55°C (60°F), a presión del nivel del mar, sin agua, barro u otros sedimentos.

2.5.2 CILINDRO PARA GLP. Envase portátil especial de acero, fabricado para contener el GLP y que, por su forma, peso y medidas, facilita su manipuleo, transporte e instalación. También se le denomina Balón.

2.5.3 DISTRIBUIDOR EN CILINDROS. En la Comercialización de GLP, es la persona debidamente autorizada por la DGH, que se dedica a su comercialización en Cilindros, para lo cual cuenta con depósitos, áreas o vehículos exclusivos.

2.5.4 GAS LICUADO DE PETROLEO, (GLP). Hidrocarburo que, a condición normal de presión y temperatura, se encuentra en estado gaseoso, pero a temperatura normal y moderadamente alta presión es licuable. Usualmente está compuesto de propano, butano, polipropileno y butileno o mezcla de estos. En determinados porcentajes forman una mezcla explosiva. Se le almacena en estado líquido, en recipientes a presión.

2.5.5 IMPORTADOR. Toda aquella Persona que importa al país Combustibles y Otros Productos Derivados de los Hidrocarburos para su comercialización dentro del país.

2.5.6 PLANTA DE ABASTECIMIENTO. Instalación en un bien inmueble donde se realizan operaciones de recepción, almacenamiento, transferencia, agregado de aditivos y despacho de Combustibles Líquidos y Otros Productos Derivados de los Hidrocarburos.

Están prohibidas de realizar mezclas, excepto las referidas a IFO mezcladas en línea, además de las vinculadas a biocombustibles,

requiriendo para ello instalaciones especiales, aprobadas por el OSINERGMIN, que garanticen la homogenización de las mezclas y su conformidad con las Normas Técnicas Peruanas. Dichas instalaciones especiales deberán considerar en todos los casos almacenamiento dedicado.

El despacho de Combustibles Líquidos y Otros Productos Derivados de los Hidrocarburos podrá realizarse a cilindros si la Planta cuenta con instalaciones adecuadas para dicha tarea.

Debe considerarse que una planta de abastecimiento se constituye como un centro de distribución de derivados de petróleo y de gas natural dentro de la cadena de comercialización de estos productos.

2.5.7 PLANTA DE PRODUCCION DE GLP. Instalación en un bien inmueble, en el cual los Hidrocarburos pueden ser objeto de procesos de transformación con el objeto de producir propano, butano o mezcla de éstos. En este tipo de instalaciones se incluyen las Refinerías y las Plantas de Procesamiento de Condensados de Gas Natural.

2.5.8 PLANTA ENVASADORA DE GLP. Establecimiento especial e independiente en el que una Empresa Envasadora almacena GLP con la finalidad de envasarlo en Balones (cilindros) o trasegarlo a Camiones Tanques.

CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Definición de la Hipótesis general

El factor que produce un impacto significativo en el abastecimiento de GLP a nivel nacional se encuentra entre los factores identificados en el modelo.

3.2 Definición de las Hipótesis específicas

H1: El factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es la producción de petróleo

H2: El factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es la producción de líquidos de gas natural (LGN)

H3: El factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es el procesamiento de petróleo

- H4: El factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es la importación de petróleo
- H5: El factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, son las reservas de petróleo
- H6: El factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, son las reservas de gas natural
- H7: El factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es el procesamiento de LGN
- H8: El factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es la capacidad de almacenamiento de GLP
- H9: El factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es el cierre de puertos
- H10: El factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es la producción de GLP
- H11: El factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es la demanda de GLP
- H12: El factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es la importación de GLP
- H13: El factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, son los inventarios de GLP

3.3 Identificación de variables

Las siguientes variables o factores críticos de cambio que se considera tienen un nivel de afectación al normal abastecimiento de GLP a nivel nacional, han sido identificadas a partir de un análisis de riesgos, según se explica en el numeral 4.7.1, e incluidas en el análisis estableciendo una relación de dependencia. Es decir, para este análisis se considera variables dependientes, a aquellas variables que son afectadas directa o indirectamente por las variables consideradas como independientes. Asimismo, se establece si existe una relación causal o de correlación entre ellas.

3.3.1 Variables dependientes

A partir de los riesgos identificados, explicados en 4.7.1, se pueden considerar como variables dependientes:

- Abastecimiento de GLP
- Satisfacción de la demanda de GLP

3.3.2 Variables independientes

De manera análoga, a partir de los riesgos identificados, explicados en 4.7.1, se pueden considerar como variables independientes:

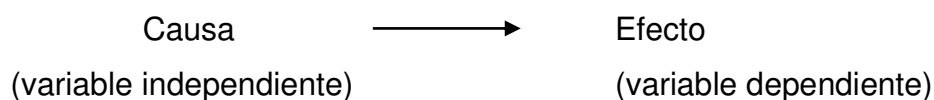
- Producción de petróleo
- Producción de líquidos de gas natural (LGN)
- Procesamiento de petróleo

- Importación de Petróleo
- Reservas de petróleo
- Reservas de líquidos de gas natural
- Procesamiento de LGN
- Capacidad de almacenamiento de GLP
- Cierre de puertos
- Producción de GLP
- Demanda de GLP
- Importación de GLP
- Inventarios de GLP

Estas variables se encuentran distribuidas en los componentes “GLP del petróleo” y “GLP de LGN”, que toman en cuenta las variables relacionadas a la producción y procesamiento a partir del petróleo y de los Líquidos de Gas Natural, que incluye las reservas de líquidos de gas natural, producción y demanda nacional de GLP, importaciones de petróleo y GLP.

3.4 Relación entre variables

Se realiza un análisis de riesgos a fin de identificar relaciones causales además de identificar las variables independientes y las variables dependientes. Las variables independientes constituyen los supuestos factores o causas que causan un efecto; luego, se realiza el análisis de las consecuencias que se han producido sobre las variables dependientes considerando que serán las que sufrirán los supuestos efectos de las variaciones de los factores o causas (las que sufrirán las consecuencias de la afectación). Así, se producirá un análisis de tipo causa – efecto.



La evaluación consistirá en analizar cómo una afectación observada en el estado de cada una de las variables independientes repercute en las variables dependientes.

En este contexto, si una o más de las variables independientes hacen variar a las variables dependientes, entonces cualquier intervención que impacte sobre las variables independientes excluyendo a otras causas o factores, producirá un efecto sobre las variables dependientes; de la misma manera, se podrá comprobar y confirmar aquellas situaciones en las que no se observe efecto de las variables independientes sobre las dependientes.

Por tanto, la existencia de factores controlantes permitirá determinar la relación causal existente entre las variables; por otro lado, la inexistencia de éstos no permitirá conocer tal relación porque podría existir una correlación o no existir la relación. Hernández Sampieri (2010) establece que la estrategia de experimentación debe permitir al investigador comprobar la covariación además de realizar una observación controlada; sin embargo, no habrá experimentación dado que no se manipularán las variables. Pero, podría hacerse a través de la simulación. En otras palabras, el análisis debe observar si se presenta la influencia, o el efecto, de otras variables no involucradas sobre las variables dependientes de manera que se pueda observar si las variables independientes identificadas tienen efecto o no sobre ellas.

Básicamente, la evaluación se realiza para tener conocimiento y certeza sobre si una o más de las variables independientes consideradas afectan a una o más variables dependientes y las razones de ello.

3.5 Matriz de consistencia

Tabla 5

Definición de problema, objetivo e hipótesis generales.

| Problema general | Objetivo general | Hipótesis general |
|--|--|---|
| ¿Cuáles son los factores que generan mayor impacto en el abastecimiento de Gas Licuado de Petróleo (GLP) a nivel nacional? | Mediante el análisis multivariable, desarrollar un modelo que identifique los factores de mayor impacto en el abastecimiento de GLP a nivel nacional | El factor que produce un impacto significativo en el abastecimiento de GLP a nivel nacional se encuentra entre los factores identificados en el modelo. |

Fuente: Elaboración propia.

Una vez definidos el problema general, el objetivo y la hipótesis generales, se ha desarrollado los problemas específicos, los objetivos específicos, las hipótesis específicas, las variables involucradas y las fuentes de datos, según se observa en la Tabla 6.

Tabla 6
Matriz de consistencia

| Problema específico | Objetivo específico | Hipótesis específica | Variables | Técnicas de recolección de datos |
|---|---|---|--|---|
| ¿Cuál es el impacto en el abastecimiento de GLP a nivel nacional de la producción de petróleo? | Demostrar que el factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es la producción de petróleo. | H1: El factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es la producción de petróleo | <ul style="list-style-type: none"> - Reservas de petróleo - Reservas de gas natural - Producción de líquidos de gas natural (LGN) - Producción de petróleo - Procesamiento de petróleo - Procesamiento de LGN - Producción de GLP - Importación de Petróleo - Capacidad de almacenamiento de GLP - Demanda de GLP - Importación de GLP - Inventarios de GLP - Cierre de puertos | <ul style="list-style-type: none"> - Reportes del Ministerio de Energía y Minas, publicados en su portal web - Reportes de Osinermin, publicados en su portal web |
| ¿Cuál es el impacto en el abastecimiento de GLP a nivel nacional de la producción de líquidos de gas natural (LGN)? | Demostrar que el factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es la producción de líquidos de gas natural (LGN) | H2: El factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es la producción de líquidos de gas natural (LGN) | | |
| ¿Cuál es el impacto en el abastecimiento de GLP a nivel nacional del procesamiento de petróleo? | Demostrar que el factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es el procesamiento de petróleo | H3: El factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es el procesamiento de petróleo | | |
| ¿Cuál es el impacto en el abastecimiento de GLP a nivel nacional de la importación de petróleo? | Demostrar que el factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es la importación de petróleo | H4: El factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es la importación de petróleo | | |
| ¿Cuál es el impacto en el abastecimiento de GLP a nivel nacional de las reservas de petróleo? | Demostrar que el factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, son las reservas de petróleo | H5: El factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, son las reservas de petróleo | | |
| ¿Cuál es el impacto en el abastecimiento de GLP a nivel nacional de las reservas de gas natural? | Demostrar que el factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, son las reservas de gas natural | H6: El factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, son las reservas de gas natural | | |
| ¿Cuál es el impacto en el abastecimiento de GLP a nivel nacional del procesamiento de LGN? | Demostrar que el factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es el procesamiento de LGN | H7: El factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es el procesamiento de LGN | | |
| ¿Cuál es el impacto en el abastecimiento de GLP a nivel nacional de la capacidad de almacenamiento de GLP? | Demostrar que el factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es la capacidad de almacenamiento de GLP | H8: El factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es la capacidad de almacenamiento de GLP | | |
| ¿Cuál es el impacto en el abastecimiento de GLP a nivel nacional del cierre de puertos? | Demostrar que el factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es el cierre de puertos | H9: El factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es el cierre de puertos | | |
| ¿Cuál es el impacto en el abastecimiento de GLP a nivel nacional de la producción de GLP? | Demostrar que el factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es la producción de GLP | H10: El factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es la producción de GLP | | |
| ¿Cuál es el impacto en el abastecimiento de GLP a nivel nacional de la demanda de GLP? | Demostrar que el factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es la demanda de GLP | H11: El factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es la demanda de GLP | | |
| ¿Cuál es el impacto en el abastecimiento de GLP a nivel nacional de la importación de GLP? | Demostrar que el factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es la importación de GLP | H12: El factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es la importación de GLP | | |
| ¿Cuál es el impacto en el abastecimiento de GLP a nivel nacional de los inventarios de GLP? | Demostrar que el factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, son los inventarios de GLP | H13: El factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, son los inventarios de GLP | | |

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA

4.1 Alcance y Diseño de Investigación

A fin de responder a las preguntas de investigación que se han planteado y cumplir con los objetivos se desarrollará un diseño que permita someter a prueba las hipótesis establecidas. El diseño, de acuerdo con Hernández Sampieri (2010) constituye el plan o la estrategia a desarrollar para conseguir la información requerida en el proceso; por tanto, el diseño será cuantitativo no experimental, explicativo, correlacional, de acuerdo con el siguiente esquema presentado en la figura 15.

El diseño es cuantitativo ya que trata de descubrir el porqué del desabastecimiento de GLP, identificando las causas y efectos a partir de una explicación deductiva considerando que, además, todas las variables tienen datos cuantificables; el diseño es no experimental pues no se manipularán las variables; es explicativo, ya que se orienta a establecer las causas que afectan el abastecimiento de GLP y proporciona un modelo cercano a la realidad del abastecimiento de GLP y, finalmente, es correlacional al analizar la estructura de

las interrelaciones (correlaciones) entre un número de variables con la definición de una serie de dimensiones subyacentes comunes, conocidas como factores.

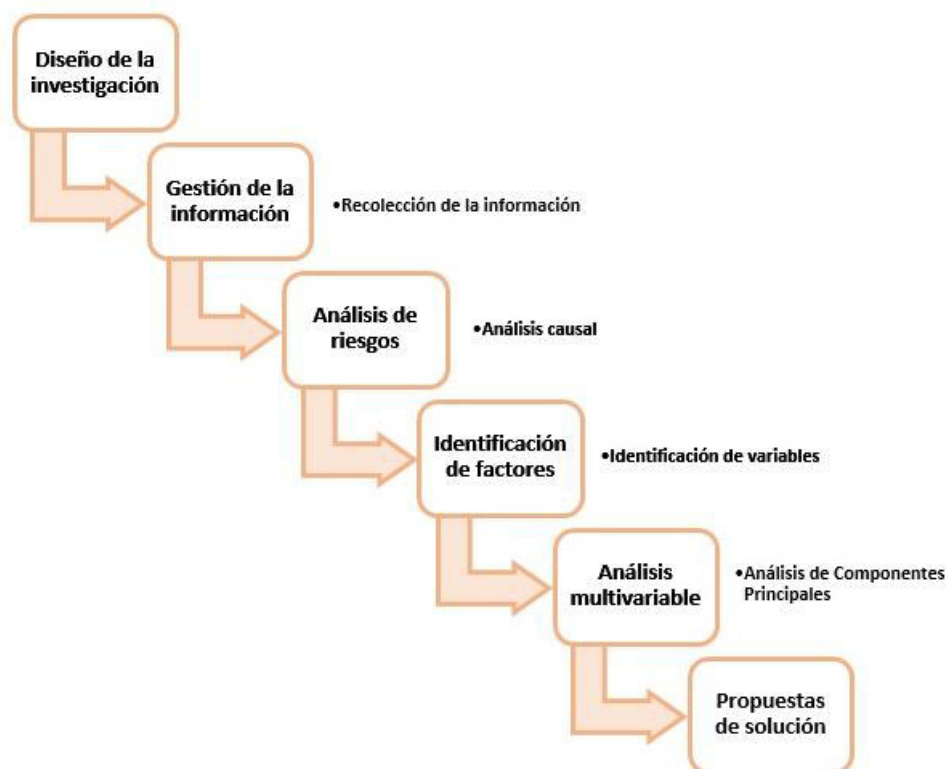


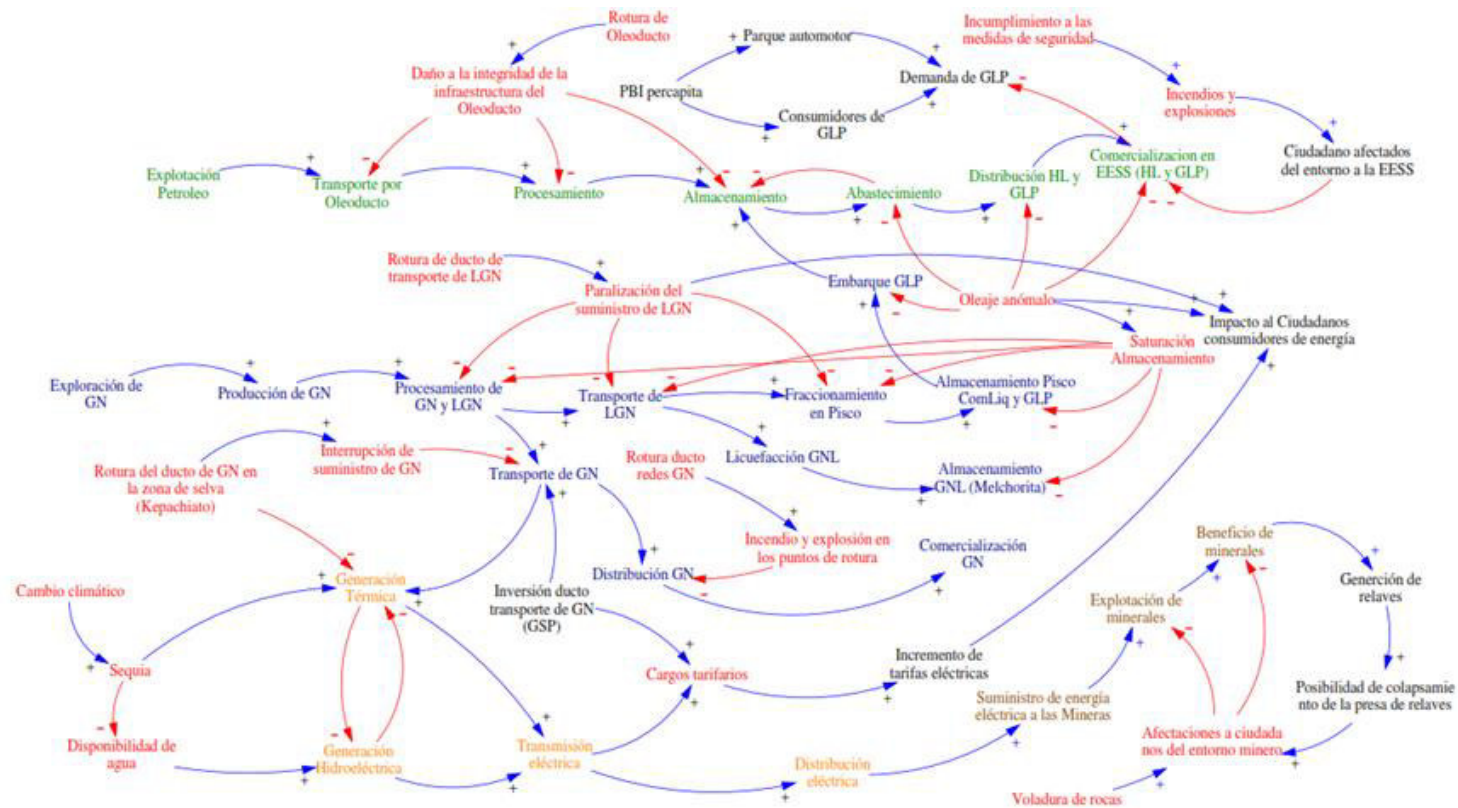
Figura 15. Esquema del diseño de investigación planteada para la investigación. Elaboración propia

Siguiendo con el esquema mostrado en la figura 15, luego de la etapa de recolección de la información se desarrolla el análisis de riesgos a través de un análisis causal. Un ejemplo de análisis de causa – efecto es el efectuado por Rodríguez (2016) en su análisis de visualización causal sistémica de los efectos intersectoriales de los riesgos en los sectores de energía y minería, mostrado en la figura 16, en el que se observa que la materialización de un riesgo en gas natural puede desencadenar una serie de impactos en los sectores de hidrocarburos líquidos, electricidad y minería. Lo que se muestra en la figura está basado en los diagramas causales elaborados por Jay W. Forrester (2013) en el desarrollo de la Metodología de Dinámica de Sistemas mostrado en el libro *Industrial Dynamics*, publicado por MIT Press.

En la figura 16, es posible observar, por ejemplo, cómo un problema de transporte de gas natural procedente de los pozos en producción de gas natural puede afectar su posterior procesamiento para la obtención de líquidos de gas natural; a su vez, problemas en la obtención de líquidos de gas natural impactan la producción de gas licuado de petróleo, combustible demandado por consumidores residenciales, comerciales, industriales y vehicular, generándose conflictos sociales debido a su desabastecimiento. Asimismo, los problemas de procesamiento de gas natural causan restricciones en la producción de gas natural seco de uso vehicular, generación eléctrica y exportación, afectando el desarrollo del mercado interno, la balanza comercial y el producto bruto interno (PBI).

De acuerdo con la definición del INEI, el Producto Bruto Interno es el valor total, libre de duplicidades, de los bienes y servicios que se han generado, en un territorio económico y dentro de un período determinado que usualmente es de un año. Dicho de otra manera, representa el Valor Bruto de Producción al que se le ha restado el valor de los bienes y servicios que ingresa nuevamente al proceso productivo para ser transformado en otros bienes. Igualmente, representa el valor agregado que mide la retribución a los factores de producción que intervienen en el proceso productivo.

En otras palabras, el PBI mide los resultados económicos de un país desde la perspectiva de la producción, el gasto y el ingreso. Así, sus cifras para un periodo dado, permite observar, entender y además explicar el crecimiento económico, cómo evolucionan los precios, cómo se desenvuelve el ingreso y cuáles serían las implicancias en los niveles de empleo.



Leyenda de la causalidad:

Hidrocarburos líquidos

Gas Natural

Electricidad

Minería

Figura 16. Visualización causal sistémica de los efectos intersectoriales de los riesgos en los sectores de energía y minería. Fuente: Ricardo Rodríguez, 2016

En la figura 17 se observa el esquema que muestra los métodos de medición del PBI.

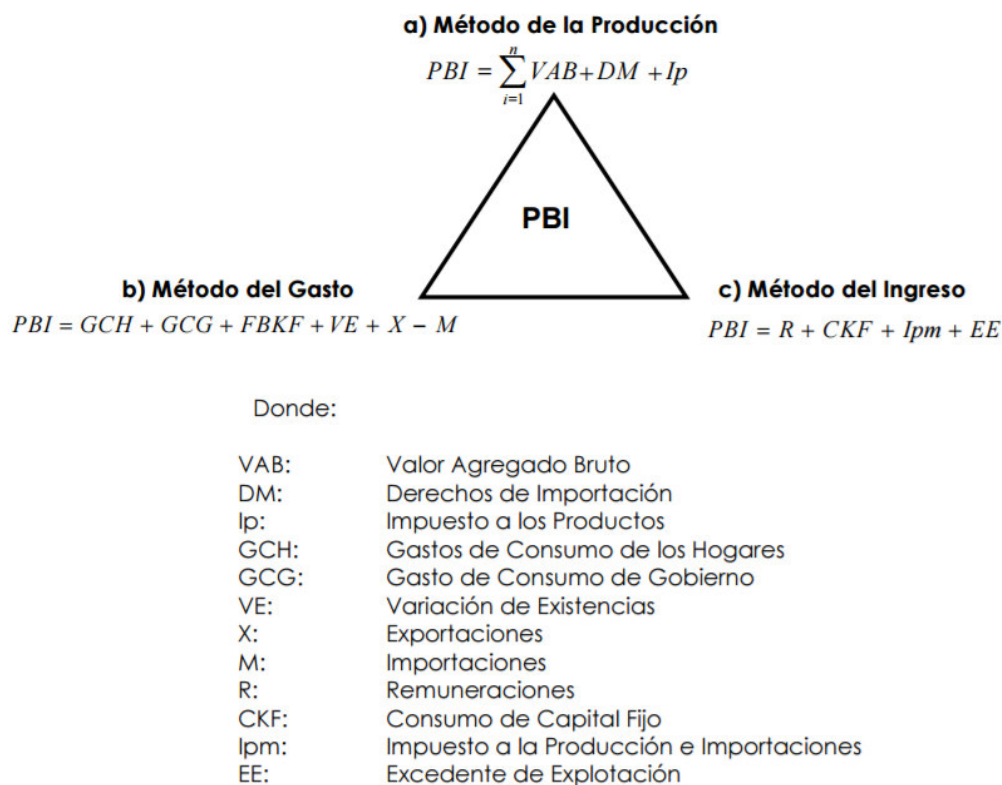


Figura 17. **Métodos de medición del PBI.** Fuente: <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/metodologias/pbi02.pdf>

Para conocer cómo es afectado el PBI, el Modelo de Equilibrio General Computable permite representar numéricamente las condiciones de equilibrio agregado en cada mercado dentro de una economía en la que intervienen productores y consumidores con comportamientos que han sido establecidos mediante funciones de producción y utilidad de los consumidores, que dependen de los precios relativos en el modelo, donde estos precios se calculan para equilibrar los mercados (por ejemplo, limpiando los excesos de demanda), a excepción del mercado de trabajo en virtud de que el modelo admite desempleo.

Así, para conocer la afectación del PBI en este caso se realizaron 3 simulaciones en las que se consideraron restricciones en el transporte de gas natural seco, restricciones en el transporte de líquidos de gas natural y restricciones en el transporte de gas natural y líquidos de gas natural. En los dos primeros escenarios, se consideró diferentes supuestos respecto del grado de sustitución de estos hidrocarburos, desde un alto grado de sustitución hasta la inexistencia de sustitutos, lo cual constituye un caso extremo; los resultados se muestran en el Capítulo 6.

4.2 Unidad de análisis

La elección de la unidad de análisis implica la determinación del elemento autónomo susceptible sobre el que se definirán los atributos. Tomando en cuenta que se analizará el suministro de GLP a nivel nacional, la unidad de análisis será el comportamiento de todo el sistema productivo para el abastecimiento de este combustible en todo el país.

4.3 Población de estudio

La población o universo se refiere al conjunto de grupos de interés que están involucrados en el abastecimiento de GLP a nivel nacional. Por tanto, corresponderá tanto a las empresas productoras e importadoras, así como a las grandes empresas comercializadoras de GLP y las organizaciones del Estado involucradas.

4.4 Tamaño de muestra

Dado que se considera la población o universo de los agentes involucrados en la producción de GLP, durante el periodo de análisis 2000 – 2016, no es aplicable determinar un tamaño de la muestra.

Hair et al (2008) mencionan que no debe usarse el análisis factorial para un tamaño de muestras menor a 50 observaciones, estableciendo como regla general, una cantidad mínima de observaciones equivalente a cinco veces el número de variables a analizar, siendo una ratio aceptable de diez a 1; sin embargo, mencionan que existen propuestas de un mínimo de 20 casos por cada variable. Por otro lado, dejan abierta la posibilidad de emplear tamaños muestrales más pequeños, pero teniéndose cuidado de tomar con cautela la interpretación de resultados.

En esta investigación, las observaciones corresponden a la información recolectada en el periodo de análisis 2000 – 2016, de las variables consideradas para el estudio. Este periodo de análisis permite observar las variaciones tendenciales de cada una de las variables identificadas como variables involucradas en la problemática del abastecimiento de GLP.

4.5 Selección de muestra

Considerando que se tomará el universo no se aplica la selección de muestra.

4.6. Técnicas de recolección de Datos

Las técnicas de recolección de datos para cada una de las variables contemplan el uso de información histórica de producción de petróleo y líquidos de gas natural; información sobre los volúmenes procesados; importación de petróleo y GLP; oferta y demanda de GLP y capacidad de almacenamiento a nivel nacional, obtenidas de la información pública disponible en el Ministerio de Energía y Minas, Perupetro y Osinergmin; asimismo, la posibilidad de recurrir al juicio experto o panel de expertos, además de realizar análisis de escenarios, de ser pertinente.

4.6.1 Análisis previo de los datos para la aplicación del Análisis Multivariante

La aplicación del análisis multivariante requiere realizar un análisis previo de los datos en términos estadísticos con la finalidad de reducir el riesgo de una aplicación equivocada de las técnicas o de “violación de las propiedades estadísticas o de inferencia e interpretación de los resultados erróneos” (Hair et al., 2008, p. 29).

El cuidado en el análisis de los datos permite una evaluación adecuada de la dimensionalidad, así como una mejor predicción. El examen de los datos puede pasar por cuatro fases diferentes, las que consideran también una evaluación gráfica de las características de las variables que se analizan y su interrelación; la evaluación del impacto de los datos ausentes si los hubiere; las técnicas de identificación de datos atípicos y los métodos que permiten examinar la capacidad de estos datos para encontrarse dentro de los supuestos estadísticos de la técnica multivariante a aplicar.

En virtud de que se ha trabajado con datos reales, con relación a las tres primeras fases se puede concluir que no existen datos ausentes ni atípicos. Por lo tanto, se hace una evaluación de los métodos de análisis que permiten examinar la capacidad de los datos y su cumplimiento de los supuestos estadísticos del análisis de componentes principales.

4.6.1.1 Examen gráfico de los datos. En la figura 18 se muestra la variación de las reservas de petróleo y gas natural; mientras que las reservas de petróleo se han ido reduciendo, las de gas natural se han ido incrementando de acuerdo con los libros de reserva remitidos anualmente, por las empresas operadoras, al Ministerio de Energía y Minas.

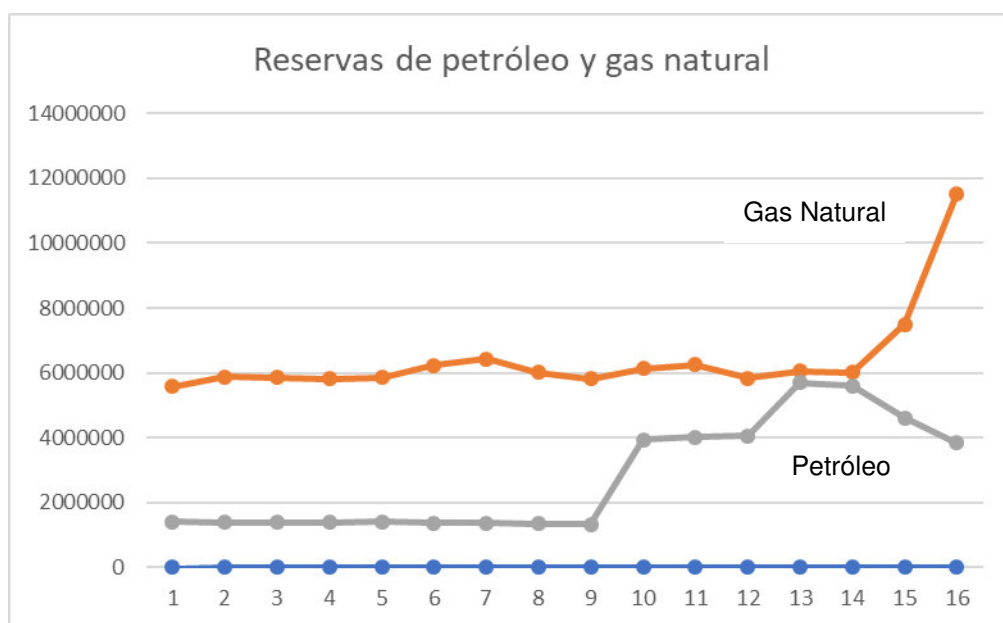


Figura 18. **Reservas de petróleo y gas natural.** Fuente: DGH - MEM

La figura 19 muestra la disminución de la producción nacional de petróleo (variable X1) mientras que la producción de los líquidos de gas natural (variable X2) se ha incrementado en el periodo 2004 - 2016.

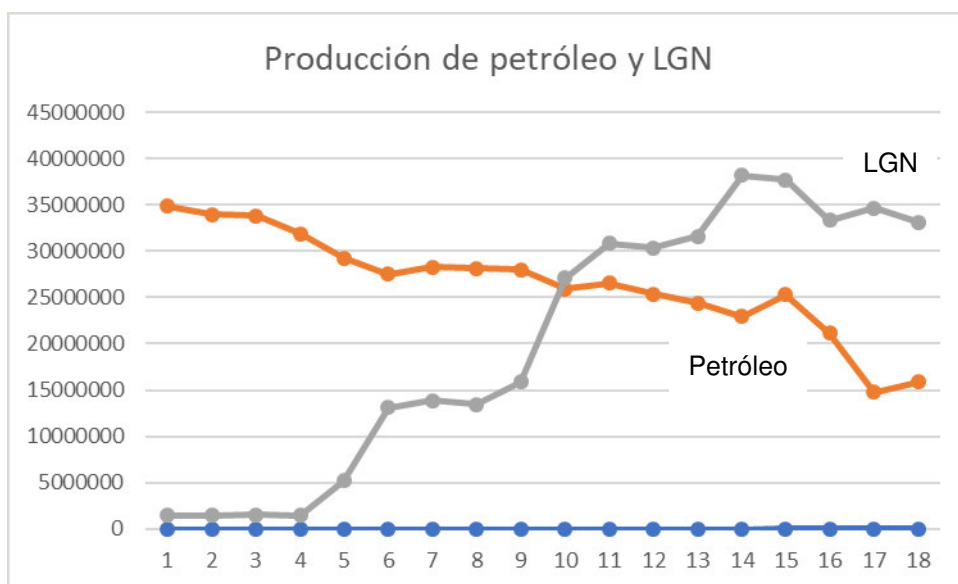


Figura 19. Producción de petróleo y LGN. Fuente: DGH - MEM

La figura 20 muestra el comportamiento de la demanda. Así, a medida que la demanda ha ido aumentando también ha ido aumentando la importación de petróleo (variable X4).

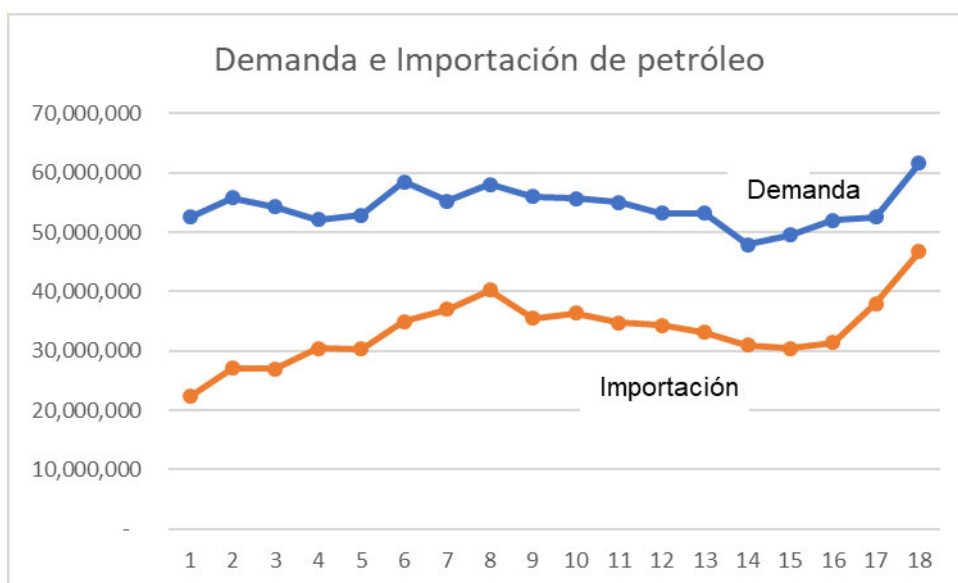


Figura 20. Demanda e Importación de petróleo. Fuente: DGH – MEM

La figura 21 muestra los volúmenes de procesamiento y de líquidos de gas natural. El procesamiento de los líquidos y condensados de gas natural produce básicamente GLP, gasolina natural, solventes y destilados medios para mezcla (MDBS).

Se observa que los niveles de procesamiento de los líquidos de gas natural son muy bajos en relación con los niveles de procesamiento de petróleo (variable X3); sin embargo, la producción de GLP mediante el procesamiento de los líquidos de gas natural (variable X7), que cubre más del 86 % de la demanda de GLP a nivel nacional, resalta su importancia.

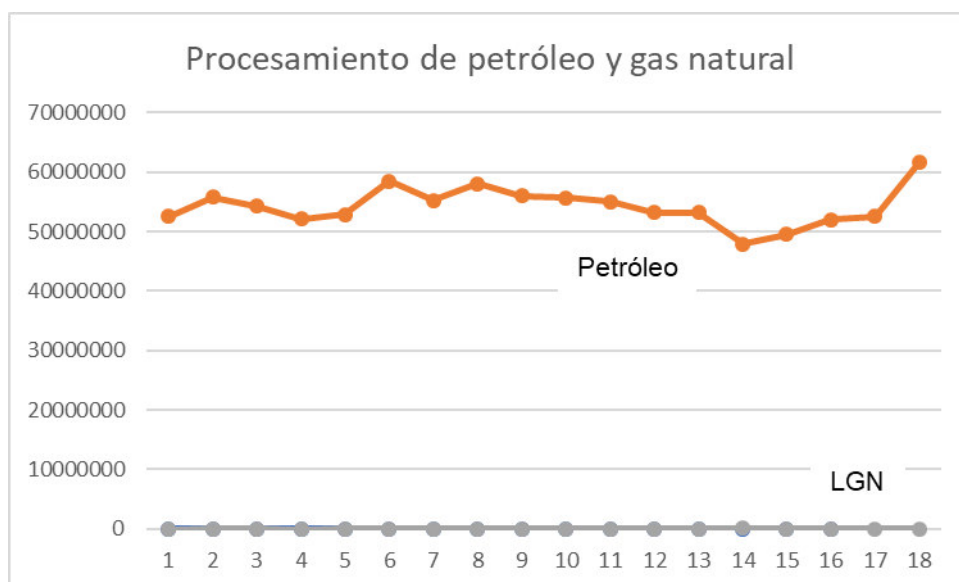


Figura 21. Procesamiento de petróleo y gas natural. Fuente: DGH – MEM

La figura 22 muestra la producción (variable X10), la demanda (variable X11) y la importación anual de GLP (variable X12). Se aprecia ocasiones en las que la demanda ha superado la producción nacional.

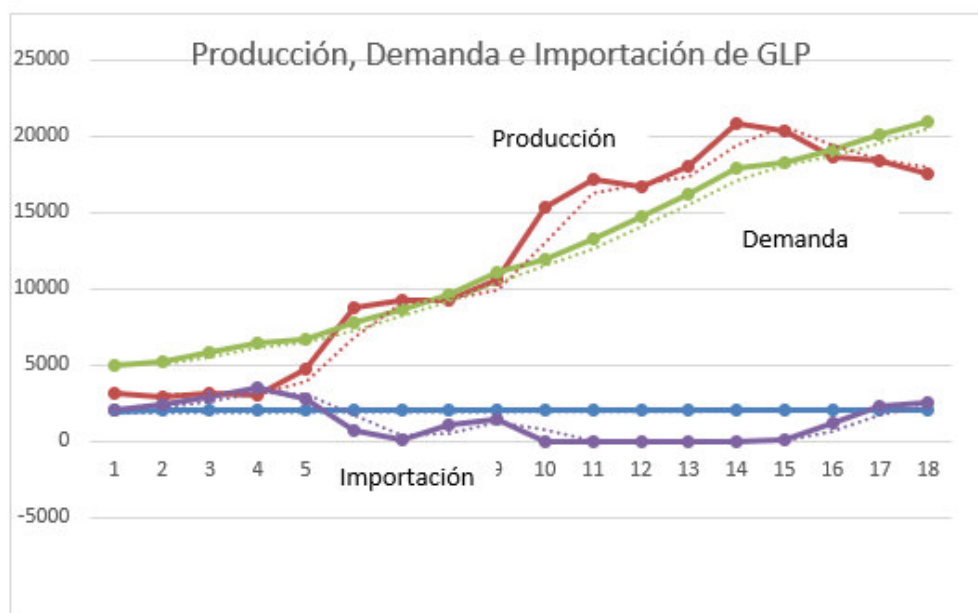


Figura 22. Producción, Demanda e Importación de GLP. Fuente: DGH – MEM

4.6.1.2 Evaluación de las variables individuales frente al modelo univariante. Hair et al. (2008) establecen que el análisis multivariante requiere que los supuestos que subyacen a la técnica aplicada sean contrastados primero para las variables aisladas y luego, para el valor teórico del modelo multivariante que actúa de forma colectiva sobre las variables a analizar de manera que se debe cumplir con los mismos supuestos que las variables individuales. Asimismo, si una variable es una normal multivariante entonces será también univariante, aunque no se cumpla necesariamente la relación inversa; es decir, dos o más variables normales univariantes podrían no ser normal multivariante.

Por tanto, se debe realizar una prueba de normalidad a todas las variables dado que si todas exhiben normalidad univariante apoyará al hecho, aunque no lo garantiza, que se obtenga normalidad multivariante siendo que el supuesto fundamental del análisis multivariante es la normalidad de los datos. Así, si existe una gran variación respecto de la distribución normal entonces todas las pruebas estadísticas no serán válidas debido a que la normalidad es requisito para el uso de los estadísticos de la t y F. La Tabla 7 muestra el resultado de una evaluación de normalidad para las 13 variables identificadas. De acuerdo con ella, todas

presentan distribución normal a excepción de las variables RESPET (X5) y RESLGN (X6).

Tabla 7
Prueba de Normalidad de las variables.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

| | | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 | X7 | X8 | X9 | X10 | X11 | X12 | X13 |
|------------------------------------|---------------------|---------------------|-------------------|---------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|-------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| N | | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 |
| Parámetros normales ^{a,b} | Media | 27195880,18 | 19480154,24 | 53769476,47 | 32641478,82 | 7001548059 | 2756549353 | 19214241,18 | 824194,1176 | 305,9700 | 11778241,18 | 11621805,88 | 1182900,000 | 139898800,0 |
| | Desviación estándar | 5026522,509 | 14106928,48 | 2722320,535 | 4522359,808 | 2754205858 | 1643070441 | 13859777,13 | 280570,3398 | 188,66986 | 6751851,270 | 5247286,873 | 1214845,021 | 102186239,7 |
| Máximas diferencias extremas | Absoluta | ,118 | ,191 | ,133 | ,126 | ,406 | ,323 | ,204 | ,155 | ,237 | ,180 | ,128 | ,227 | ,136 |
| | Positivo | ,118 | ,138 | ,109 | ,068 | ,406 | ,323 | ,188 | ,155 | ,237 | ,147 | ,128 | ,227 | ,136 |
| | Negativo | -,117 | -,191 | -,133 | -,126 | -,303 | -,194 | -,204 | -,155 | -,168 | -,180 | -,122 | -,165 | -,099 |
| Estadístico de prueba | | ,118 | ,191 | ,133 | ,126 | ,406 | ,323 | ,204 | ,155 | ,237 | ,180 | ,128 | ,227 | ,136 |
| Sig. asintótica (bilateral) | | ,200 ^{c,d} | ,099 ^c | ,200 ^{c,d} | ,200 ^{c,d} | ,000 ^c | ,000 ^c | ,059 ^c | ,200 ^{c,d} | ,012 ^c | ,145 ^c | ,200 ^{c,d} | ,020 ^c | ,200 ^{c,d} |
| Significación exacta (bilateral) | | ,950 | ,502 | ,885 | ,918 | ,005 | ,045 | ,424 | ,752 | ,252 | ,578 | ,908 | ,296 | ,872 |
| Probabilidad en el punto | | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 |

a. La distribución de prueba es normal.

b. Se calcula a partir de datos.

c. Corrección de significación de Lilliefors.

d. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

Fuente: Resultado del SPSS 23

Los valores de significación exacta bilateral para X5 y X6 muestran que estas dos variables no pasan la prueba de normalidad. Ello también sustenta su eliminación durante la etapa de reducción de variables y la posterior aplicación del análisis factorial por extracción de componentes principales; técnica muy útil para reducir el número de variables sin mayor pérdida de información.

4.7. Análisis e interpretación de la información

4.7.1 Análisis de Riesgos

El análisis de riesgos realizado en esta investigación está orientado únicamente a desarrollar un método que permita identificar un soporte para la toma de decisiones en lo relacionado a la gestión de riesgos del subsector de gas natural, a partir del levantamiento de información determinando y validando el universo de eventos generadores de riesgos, humanos y no humanos, en cada una de las etapas de las cadenas de valor en los subsectores gas natural e hidrocarburos líquidos. Esta investigación ha considerado los eventos más críticos a nivel nacional que tienen los subsectores de energía. Posteriormente, se determina la causalidad tal y como se puede apreciar en la figura 23, realizada utilizando el programa VENSIM PLE, que muestra las relaciones causales entre las variables involucradas en el abastecimiento de GLP. Este análisis ha permitido identificar las variables que serán consideradas en el análisis factorial. Los signos positivos mostrados en la figura indican una relación causal directa y los signos negativos, muestran una relación causal inversa.

Así, las capacidades de producción y almacenamiento estarán en función de la capacidad de inversión que tengan los concesionarios. A falta de capital de inversión, la capacidad de producción y/o almacenamiento no podría ser ampliada. Para que ello ocurra, es de suponer que deberían tener utilidades en el negocio, para que puedan invertir. Caso contrario no podrían incrementar la capacidad de producción o almacenamiento, creando problemas de abastecimiento en el mercado.

Las variables identificadas, como se ha mostrado en la Tabla 6, y que tienen relación con el abastecimiento de GLP son, la Producción de GLP; los Inventarios de GLP; las Reservas de Petróleo; las Reservas de Gas Natural; la

Producción de Líquidos de Gas Natural; la Producción de Petróleo; el Procesamiento de Petróleo; el Procesamiento de los Líquidos de Gas Natural; la Importación de Petróleo; la Importación de GLP; la Capacidad de Almacenamiento; la Demanda de GLP y el Cierre de Puertos como consecuencia de la presencia de oleaje anómalo en el océano Pacífico. Con estas variables identificadas se realizó el Análisis de Componentes Principales habiendo realizado previamente una reducción del número de variables que impacta directamente en el abastecimiento de GLP.

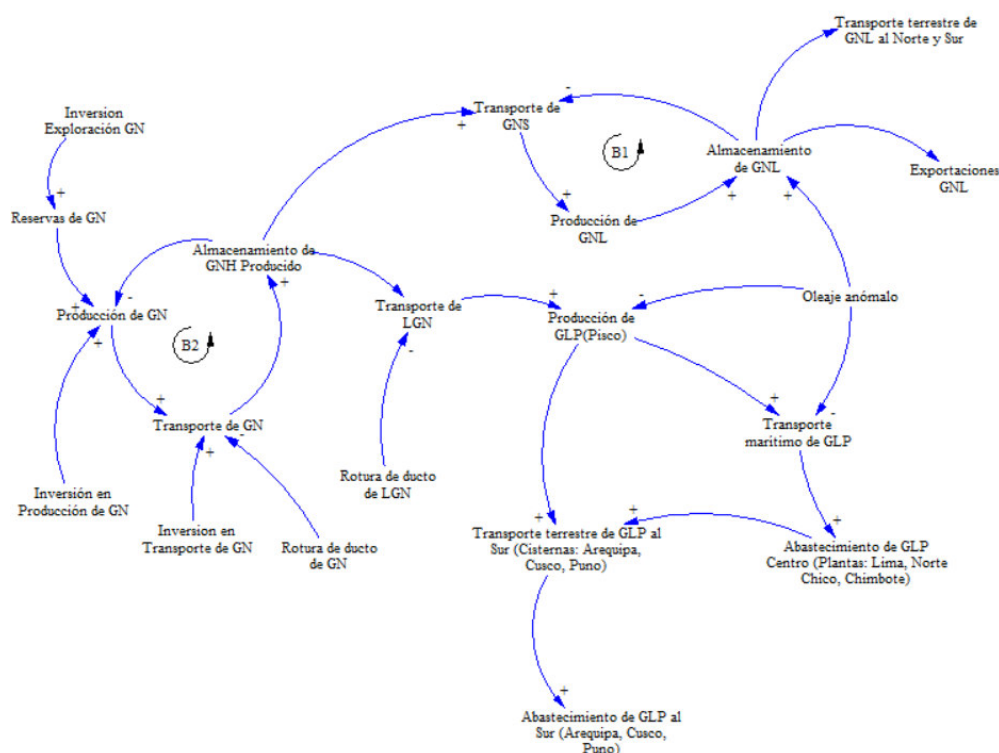


Figura 23. Relaciones causales entre las variables involucradas en el abastecimiento de GLP. Fuente: Elaboración propia

4.7.2 Análisis Factorial Exploratorio

El análisis e interpretación de la información describe el proceso de clasificación, registro y codificación de los datos, así como las técnicas analíticas (lógica o estadística) que se utilizarán para comprobar la hipótesis y obtener las conclusiones.

Existen conceptos que responden a dimensiones subyacentes que no son directamente observables para su posible cuantificación; asimismo, con frecuencia la interpretación de un conjunto elevado de variables dificulta la comprensión global del fenómeno. Esto ocurre con el riesgo energético.

El elemento determinante para elegir el método de estimación de los riesgos es el conocimiento que se tiene o se puede llegar a conocer de las variables. El Análisis Factorial es la técnica estadística que ofrece una solución a estas dificultades, al identificar un número relativamente pequeño de factores o dimensiones que pueden ser utilizados para describir relaciones entre un gran número de variables.

El Análisis Factorial es una técnica estadística multivariante que tiene como objetivo identificar directamente las dimensiones subyacentes no observables, al partir de un conjunto de variables observables. Así, requiere que, aunque no se disponga de datos para medir un factor como por ejemplo un riesgo energético, como en este caso, sí se disponga de datos para diversas variables relacionadas con ese factor. El punto es que no se puede elegir sólo una o dos variables representativas para medir ese factor subyacente, sino que, se necesitará de un conjunto amplio de variables altamente correlacionadas para recoger la realidad del aspecto no observable que se quiere estudiar (Muñoz, 2012).

Para que la solución factorial tenga un valor práctico, el número de dimensiones (factores) obtenidas debe ser menor que el número de variables iniciales (observadas). Una buena solución factorial debe permitir la comprensión del fenómeno en esas dimensiones subyacentes.

El modelo matemático para un Análisis Factorial define cada variable observada en una combinación lineal de una serie de factores. Para n variables y p factores, una variable X se define por:

$$X_i = v_{1i} F_1 + v_{2i} F_2 + v_{3i} F_3 + \dots + v_{pi} F_p + e_i$$

Donde,

F_1, F_2, \dots, F_p son los factores comunes a todas las variables

e_i es el factor propio de X_i

$v_{1i}, v_{2i}, \dots, v_{pi}$ son las constantes para combinar los factores

Estos parámetros son desconocidos inicialmente, y se determinan mediante el análisis. Los factores se infieren a partir de las variables, y pueden ser estimados como combinación lineal de ellas. Para el factor i :

$$F_i = b_{1i} X_1 + b_{2i} X_2 + b_{3i} X_3 + \dots + b_{ni} X_n$$

Donde, $b_{1i}, b_{2i}, \dots, b_{ni}$ son las constantes para combinar las variables, llamadas coeficientes de valores factoriales.

Aunque es posible que todas las variables contribuyan con coeficientes similares a la definición de todos los factores, lo esperable es que solamente un subconjunto de las variables observadas permita definir significativamente el factor. Por ejemplo:

$$F_1 = b_{1i} V_1 + b_{3i} V_3 + b_{4i} V_4$$

En el que el factor F_1 está definido esencialmente como combinación lineal de sólo tres de las variables. Esto permite reducir el modelo inicial de n variables observadas a un número menor p de dimensiones generales (factores).

Para determinar los factores y sus coeficientes, los Análisis Factoriales paramétricos parten de la correlación entre variables entendiendo que dos variables con una alta correlación están compartiendo/definiendo un mismo factor. El Análisis Factorial asume que la correlación común de todas las variables surge de un factor (o factores) común subyacente. Esta técnica mide esa parte redundante o compartida entre todas las variables, ofreciendo una aproximación a ese factor común subyacente (De Arce y Mahía, 2009). Esto se ilustra en la figura

24, donde se representa el factor subyacente como la información común compartida por un conjunto de variables correlacionadas entre sí.

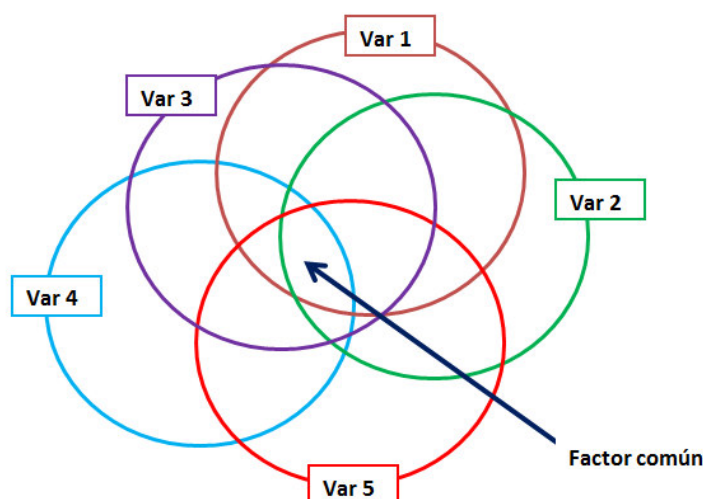


Figura 24. Representación del factor subyacente. Fuente: Tomado de Muñoz (2012)

Otra característica del Análisis Factorial es que distingue tantas dimensiones subyacentes comunes como factores se decidan extraer. Esto es interesante para fenómenos multidimensionales en los que un solo factor puede no explicar suficientemente la información subyacente común a un conjunto amplio de variables, como es el caso del riesgo energético.

Por otro lado, se considera que no es necesario determinar la importancia relativa de cada variable, ya que ésta es determinada por el propio algoritmo del Análisis Factorial y muestra la importancia relativa comparada con el resto. Esta técnica consigue determinar el grado de relación entre las variables observadas y los factores, lo que permite asignar pesos relativos a cada variable observada en cada factor subyacente.

Como ya ha sido explicado en párrafos anteriores, este análisis calcula el valor de cada factor dentro de una combinación lineal de las variables, lo que

permite calcular el valor de cada factor (puntuación factorial) para los distintos casos de la muestra (en esta investigación, empresas productoras, importadores, Centros de Distribución y el Estado). Finalmente, otra ventaja es que en esta técnica no es necesario decidir qué variables son más apropiadas para ser incluidas en el modelo, ya que ella misma proporciona un criterio de validación, al medir la importancia de cada variable en el factor común y separando aquellas que no están correlacionadas con el resto y, por tanto, no explican el factor subyacente (Marín *et al.*, 2009).

En el modelo de análisis factorial exploratorio, “todos los indicadores cargan libremente en todos los factores latentes y la solución es rotada para maximizar la magnitud de las cargas primarias y minimizar la magnitud de las cargas cruzadas” (Fernández, 2015). Esta afirmación puede observarse en la figura 25.

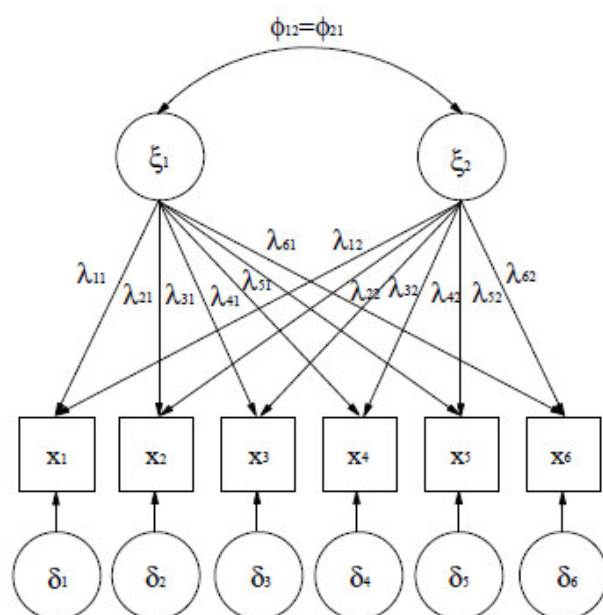


Figura 25. **Modelo Análisis Factorial Exploratorio.** Fuente: Aldas-Manzano (2017)

4.7.3 Análisis de Componentes Principales

El Análisis de Componentes Principales, ACP, fue desarrollada inicialmente por Karl Pearson a principios del siglo XX y años más tarde, fue estudiado por Harold Hotelling, hacia 1930 (Ganzo, 2004). Es particularmente útil para sintetizar la información, reduciendo el número de variables con la pérdida de la menor cantidad de información posible. Los nuevos componentes principales, independientes entre sí, serán una combinación lineal de las variables de origen y se irán construyendo de acuerdo al orden de importancia en relación a la variabilidad total obtenida de la muestra.

En el análisis de riesgos tratado en el acápite 4.7.1 se identificó 13 variables relacionadas con el abastecimiento de GLP. Una vez identificadas las variables se encuentra la dificultad de visualizar las posibles relaciones existentes entre las variables además de la posibilidad de encontrar correlaciones que puedan presentarse entre ellas, lo que puede traer como consecuencia que algunas se relacionen entre sí o que estén midiendo el mismo objeto, pero desde diferente perspectiva. Para la evaluación de las relaciones que puedan presentarse con aquellas variables que miden la misma información, se requeriría cambiar el conjunto inicial de variables a un nuevo conjunto de variables que no se correlacionen entre sí; es decir, en donde no se tenga repetición o información redundante. Ello, se logra reduciendo el número de variables, entonces se estima que solo pocos factores podrían explicar buena parte de la variabilidad identificada.

Por otro lado, la elección de los factores se realiza de tal forma que cada uno de ellos recoja la mayor parte de la variabilidad inicial considerando que todos los factores serán complementarios. Del total de factores que se obtenga se elegirá a aquéllos que recojan una proporción de variabilidad considerada como suficiente, estos factores reciben el nombre de componentes principales, los que una vez seleccionados, se representan como una matriz en la que cada elemento va a representar los coeficientes factoriales de las variables; es decir, las correlaciones existentes entre las variables y los componentes principales. La

matriz tendrá tantas columnas como componentes principales y tantas filas como variables.

Los componentes principales tienen, en cada situación analizada, puntuaciones factoriales utilizadas en el modelamiento. Estas puntuaciones se calculan a partir de la fórmula:

$$X_{ij} = a_{i1} \cdot Z_{1j} + \dots + a_{ik} \cdot Z_{kj} = \sum_{s=1}^k a_{is} \cdot Z_{sk}$$

en donde, “a” son los coeficientes y los “Z” son los valores estandarizados que las variables adoptan en cada uno de los objetos de la muestra.

En la etapa de interpretación, la dificultad radica en encontrar que los coeficientes factoriales sean próximos a la unidad; que cualquier variable tenga coeficientes elevados con un solo factor y que no existan factores con coeficientes semejantes.

En esta investigación, se hace uso del software estadístico SPSS 23 para determinar los componentes principales, para lo cual el número del nuevo conjunto de variables no directamente observables sea un número bajo; la pérdida de información sea la menor posible y la solución que se obtenga sea interpretable.

Las fases del análisis incluyen la extracción de los factores y la estimación de las puntuaciones factoriales para cada caso.

El Análisis de Componentes Principales es menos complicado que el Análisis Factorial Exploratorio y usualmente dará los mismos resultados que éste, por lo cual es el que se utiliza en esta investigación; luego, tocaría hacer la comprobación mediante un análisis factorial confirmatorio o mediante los modelos de ecuaciones estructurales.

4.7.4 Análisis Factorial Confirmatorio

Según se explicó en 4.7.2, el análisis factorial permite encontrar grupos de variables que guardan cierta homogeneidad y se correlacionan entre sí; asimismo, permite determinar los factores que influyen en las medidas observadas y su respectiva correlación.

En este punto es apropiado indicar que, en el modelo de factor común, el indicador de un grupo de medidas observadas responde a un factor único y a una función lineal de uno o más factores, según se aprecia con mayor claridad mediante la figura 26; dado que existen dos análisis basados en este factor único, es necesario hacer una distinción entre el análisis factorial confirmatorio y el análisis factorial exploratorio, ya explicado.

En el primer caso, el análisis factorial confirmatorio, además de definir otros parámetros, se define un número de factores y se especifica el patrón de relación existente entre el indicador y los pesos o cargas factoriales. En este análisis, previamente se debe especificar todos los aspectos del modelo factorial. Por otro lado, mientras que en el análisis exploratorio se trabaja con una matriz de correlaciones, en el análisis confirmatorio se trabaja con la matriz de varianzas y covarianzas. Asimismo, en gran parte del análisis no existe necesidad de estandarizar las variables latentes ni las observadas por lo cual es posible obtener como resultado una solución estandarizada y una no estandarizada con parámetros expresados en su métrica de origen; sin embargo, pueden modelarse los errores de medición.

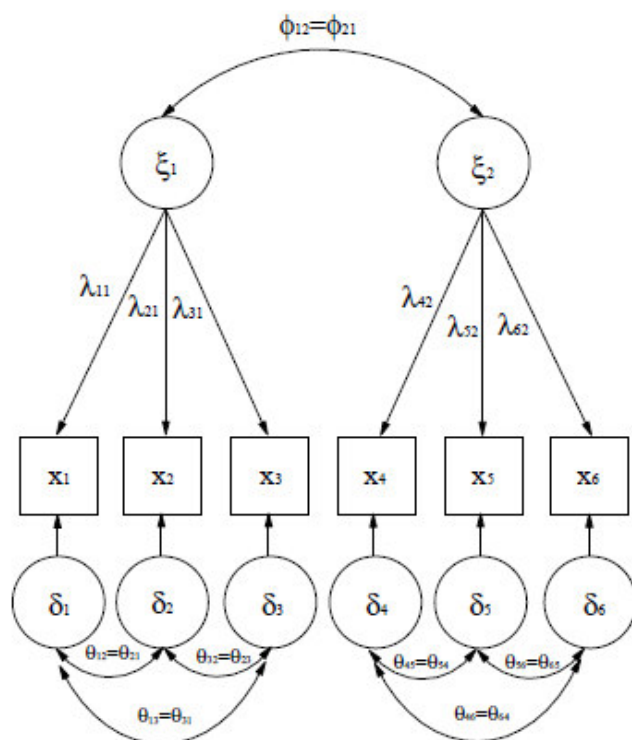


Figura 26. **Modelo Análisis Factorial Confirmatorio.** Fuente: Aldas-Manzano (2017)

Las estimaciones del análisis factorial confirmatorio requiere estimar parámetros como las cargas factoriales, las varianzas y covarianzas de error, así como las varianzas y covarianzas factoriales a fin de reproducir la matriz de varianzas y covarianzas observada. Como es el caso del modelo de ecuaciones estructurales, se encuentra variables latentes exógenas, no causadas por otras variables; y endógenas, causadas por uno o más variables en el modelo.

CAPÍTULO 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Análisis, interpretación y discusión de resultados

5.1.1 Análisis del desempeño de las variables.

Para el desarrollo del análisis factorial por extracción de factores se desarrolló la recolección de data procedente de fuente pública, correspondiente a las variables identificadas en un análisis de riesgos y su posterior preparación en archivo Excel para luego ser introducida al software estadístico SPSS 23.

Las variables identificadas en esta investigación, a partir del análisis de riesgos son, la producción de GLP; los inventarios de GLP; las reservas de petróleo; las reservas de líquidos de gas natural; la producción de líquidos de gas natural (LGN); la producción de petróleo; el procesamiento de petróleo; el procesamiento de los líquidos de gas natural; la importación de petróleo; la importación de GLP; la capacidad de almacenamiento de GLP; la demanda de GLP y el cierre de puertos. La data recolectada para cada una de estas variables se muestra en la Tabla A.1 del Anexo.

Estas variables se encuentran distribuidas en el componente “GLP, de petróleo” y en el componente “GLP, de LGN”, que toman en cuenta las variables mencionadas en el párrafo precedente.

5.1.2 Operacionalización de variables

La aplicación del análisis factorial se inicia con una etapa iterativa de extracción de factores hasta llegar al número de variables con las que se desarrollará la obtención de soluciones factoriales; esto es posible al utilizar cualquiera de dos modelos básicos: el análisis de componentes principales y el análisis factorial común. La elección de uno de estos dos modelos está basada en los objetivos definidos para realizar el análisis y el nivel previo de conocimiento respecto de la varianza de las variables.

Con la finalidad de elegir uno de estos modelos, se debe analizar previamente los tres tipos de varianza total, como son, la varianza común, la varianza única o específica y la varianza de error. La varianza común es aquella varianza en una variable que es compartida con todas las otras variables en el análisis; la varianza específica es la que se asocia sólo a una variable específica; y, finalmente, la varianza de error es aquella que se debe a la poca confianza que se tiene del proceso de recolección de datos, al error de medición o a un componente aleatorio de lo que se mide.

En el análisis factorial común se incluyen las varianzas compartidas en la diagonal. Las comunalidades obtenidas representan las estimaciones de la varianza compartida o común entre las variables de forma que los factores que resultan del análisis se basan sólo en ella. Por otro lado, si el objetivo principal es identificar las dimensiones latentes o las construcciones representadas en las variables originales y se tiene mínimo conocimiento de la varianza específica y de la varianza de error y, por tanto, se quiere eliminar esta varianza, es apropiado usar este modelo.

El análisis de componentes principales es adecuado cuando el interés principal está enfocado en la predicción o cuando es mínimo el número de factores requeridos para sustentar la máxima proporción de la varianza representada en la serie de variables originales; asimismo, cuando el conocimiento previo sugiere que la varianza específica y la varianza de error representan una proporción relativamente pequeña de la varianza total. Este análisis toma en cuenta la varianza total, estimando los factores que contienen bajas proporciones de la varianza única y, en algunos casos, de la varianza de error. Así, se considera que los primeros factores no contienen suficiente varianza única o de error para distorsionar la estructura de los factores en conjunto de forma que las unidades se insertan en la diagonal de la matriz de correlación para tener la varianza completa en la matriz de factores.

Bajo este contexto, para realizar un análisis de las variables que afectan el abastecimiento de Gas Licuado de Petróleo (GLP) dentro del mercado peruano, se aplica y explica la técnica multivariante de análisis de componentes principales al utilizar datos reales que provienen de un registro histórico de información oficial fiable por lo que la varianza de error es prácticamente cero; para ello, se identifica variables en las diferentes fases de la cadena de comercialización de este combustible.

Una revisión de la literatura relacionada con la seguridad de abastecimiento de crudo y de combustibles, en general, ha permitido observar que no se ha realizado trabajos previos de análisis con técnicas multivariantes para el caso del GLP. Por tal motivo, con el objetivo de encontrar la existencia de correlación y relevancia entre las variables, además de la posibilidad de reducirlas, se utiliza el análisis componentes principales considerando su utilidad para sintetizar la información, reduciendo el número de variables con la menor pérdida de información posible. Los nuevos componentes principales, independientes entre sí, serán una combinación lineal de las variables originales. El análisis implica el uso del programa estadístico SPSS 23 y sus resultados pueden complementarse,

en una investigación posterior, con el desarrollo de modelos de ecuaciones estructurales.

En virtud de que se considera que existe alta correlación entre las variables, lo cual podría significar que existe información redundante, entonces se estima que solo pocos factores podrían explicar buena parte de la variabilidad identificada. Por otro lado, considerando que todos los factores serán complementarios, la selección de factores se hace de tal forma que cada uno de ellos recoja la mayor parte de la variabilidad inicial. Del total de factores que se obtenga se elegirá a aquéllos que recojan una proporción de variabilidad considerada como suficiente, estos factores reciben el nombre de componentes principales.

En las investigaciones, la utilidad y generalización de cada resultado depende, entre otras decisiones, de una elección apropiada de las variables a medir, del método de muestreo empleado así como del tamaño de la muestra; sin embargo, en esta investigación, las variables vienen a ser aspectos medidos dentro de las fases de comercialización del GLP, por lo cual se cuenta con datos reales de ellos; por tanto, no es aplicable un procedimiento de muestreo y el tamaño de la muestra es considerado contemplando el periodo de evaluación de cada una de las variables elegidas, en este caso se trata del periodo comprendido entre los años 2000 y 2016.

Asimismo, la matriz de entrada es una matriz de correlación con medidas calculadas directamente sobre datos empíricos reales. Otro aspecto por tomar en cuenta es que todas las variables constituyen aspectos importantes de la variable latente a medir por lo que juegan un rol determinante en la estructura factorial identificada. Además, considerando que, a mayor número de variables que miden con precisión un factor, mejor determinado estará el factor y mayor estabilidad tendrá la solución factorial; entonces, siendo que los datos utilizados son datos reales y, por lo tanto, los factores han sido medidos con la precisión adecuada además de que las comunalidades encontradas en el análisis factorial son superiores a 0,800 se puede concluir que, con el tamaño de muestra utilizado y

las variables identificadas, mejor determinados están los factores y más estable es la solución factorial.

En virtud de que las variables son continuas, la matriz de correlaciones producto-momento de Pearson resume de forma adecuada las relaciones entre las variables. Por otro lado, se requiere comprobar previamente el grado de adecuación al análisis factorial para lo cual se aplica el cálculo de la medida KMO, de Kaiser-Meyer-Olkin, la cual indica el grado de correlación entre las variables medidas y refleja el efecto de todos los factores: tamaño de la muestra, tamaño de las correlaciones entre variables, número de factores y número de variables.

La matriz se considera adecuada para su factorización, si las correlaciones son suficientemente grandes dado que ofrecerá resultados estables, replicables en otras muestras, sin que dependa del tamaño de la muestra, o del número de factores, o del número de variables. De otra forma, los resultados no serán casuales si el KMO es suficientemente grande ya que Kaiser consideraba que una matriz con valor de KMO mayor de 0,50 es adecuada para el análisis factorial (Lloret-Segura et al., 2014).

De acuerdo con Lloret-Segura et al. (2014), el aspecto más determinante de un análisis factorial es seleccionar el número adecuado de factores; así, los dos puntos más importantes en la interpretación de la estructura factorial obtenida en un análisis son, la cantidad de factores comunes necesarios que explique las relaciones entre las variables y cómo se componen esos factores. Si menos factores de los que se debería son retenidos, es más difícil de interpretar los patrones de saturaciones resultantes y si, por el contrario, se retienen más, entonces aumentan las variables latentes con poco significado teórico.

El criterio de rotación apropiado es aquel que ofrece una solución factorial simple e informativa; en esta investigación, el criterio de rotación utilizado inicialmente fue el Varimax con normalización Kaiser, en rotación ortogonal; y, posteriormente, en rotación oblicua, usando el método Oblimin con normalización Kaiser, ambos presentes en el software SPSS 23 utilizado. De acuerdo a los

resultados aplicando ambos criterios, puede observarse que se obtuvieron resultados similares.

5.2 Aplicación del Análisis Factorial de Componentes Principales

5.2.1 Resultados de la aplicación del Análisis de Componentes Principales

Esta investigación ha pretendido identificar los factores relevantes que pueden afectar el proceso normal de abastecimiento de GLP en el Perú. Por tanto, el análisis factorial resulta adecuado cuando existen altas correlaciones entre las variables, que es cuando se puede suponer que se explican por factores comunes; así, el análisis de la matriz de correlaciones es el primer paso que dar. De acuerdo con ello, los factores de cambio mostrados en la Tabla 8 han sido identificados como aquellos que afectan directamente el abastecimiento de GLP a nivel nacional.

Tabla 8

Factores de cambio que afectarían el abastecimiento de GLP en el Perú y que responden a las variables utilizadas en el análisis de componentes principales.

| Factor | Nombre | Descripción |
|--------|---------|---|
| X1 | PRODPET | Producción de Petróleo |
| X2 | PRODLGN | Producción de Líquidos de Gas Natural |
| X3 | PROCPET | Procesamiento de Petróleo |
| X4 | IMPPET | Importación de Petróleo |
| X5 | RESPET | Reservas de Petróleo |
| X6 | RESLGN | Reservas de Líquidos de Gas Natural (LGN) |
| X7 | PROCLGN | Procesamiento de Líquidos de Gas Natural |
| X8 | CAPGLP | Capacidad de almacenamiento de GLP |
| X9 | CIERRE | Cierre de puertos |
| X10 | PRODGLP | Producción de Gas Licuado de Petróleo (GLP) |
| X11 | DEMGLP | Demanda de GLP |
| X12 | IMPGLP | Importación de GLP |
| X13 | INVGLP | Inventarios de GLP |

Nota. Asignación de códigos a las variables para su ingreso al software SPSS 23.
Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia

Se realizó un análisis factorial de componentes principales para determinar si es pertinente la eliminación de factores. Una vez corrido el análisis factorial, utilizando el Programa SPSS (versión 23), el análisis de los valores de la diagonal principal de la matriz de correlación anti-imagen de la Tabla 7, muestra que el valor más pequeño de todos los mostrados es 0,327 correspondiente a la variable X5, RESPET, además de un coeficiente de Kayser-Meyer-Olkin (KMO) igual a 0,623. Estos resultados llevan a su eliminación, volviendo a realizar nuevamente el análisis sin esta variable.

Como resultado de una nueva corrida del análisis factorial sin la variable X5, la Tabla 10 muestra que en la correlación anti-imagen se encuentra que el valor más pequeño de todos los mostrados es 0,656 correspondiente a la variable X6, RESLGN, además de un coeficiente KMO igual a 0,771. Ello motiva a realizar

una nueva corrida del análisis factorial sin la variable X6, mostrando los resultados que se observan en la Tabla 11.

La determinación del coeficiente KMO, sin tomar en cuenta los factores X5 y X6, genera un KMO igual a 0,789.

Eliminaciones sucesivas de los factores, lleva finalmente a trabajar únicamente con 8 factores, X2, X3, X4, X7, X8, X9, X10 y X11.

Tabla 9

Matrices anti-imagen con todas las variables**Matrices anti-imagen**

| | | X2 | X3 | X4 | X7 | X8 | X9 | X10 | X11 | X1 | X5 | X6 | X12 | X13 |
|-------------------------|-----|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Covarianza anti-imagen | X2 | ,000 | ,002 | -,002 | ,000 | ,000 | -,002 | -3,198E-5 | ,001 | -,001 | -,001 | -,001 | -,001 | ,002 |
| | X3 | ,002 | ,161 | -,040 | ,000 | -,001 | -,014 | -,001 | ,013 | -,010 | -,016 | -,002 | -,005 | ,010 |
| | X4 | -,002 | -,040 | ,050 | ,002 | ,007 | ,024 | ,000 | -,007 | ,020 | ,021 | ,013 | -,005 | -,021 |
| | X7 | ,000 | ,000 | ,002 | ,000 | ,001 | ,002 | ,000 | ,000 | ,001 | ,001 | ,001 | ,000 | ,000 |
| | X8 | ,000 | -,001 | ,007 | ,001 | ,002 | ,007 | ,000 | -,002 | ,003 | ,004 | ,003 | -,001 | -,003 |
| | X9 | -,002 | -,014 | ,024 | ,002 | ,007 | ,030 | -,001 | -,007 | ,011 | ,015 | ,011 | ,001 | -,013 |
| | X10 | -3,198E-5 | -,001 | ,000 | ,000 | ,000 | -,001 | ,000 | ,000 | -8,444E-5 | -9,579E-5 | -,001 | ,001 | -,001 |
| | X11 | ,001 | ,013 | -,007 | ,000 | -,002 | -,007 | ,000 | ,004 | -,003 | -,005 | -,002 | -,009 | ,005 |
| | X1 | -,001 | -,010 | ,020 | ,001 | ,003 | ,011 | -8,444E-5 | -,003 | ,010 | ,010 | ,005 | ,000 | -,012 |
| | X5 | -,001 | -,016 | ,021 | ,001 | ,004 | ,015 | -9,579E-5 | -,005 | ,010 | ,013 | ,007 | -,001 | -,014 |
| | X6 | -,001 | -,002 | ,013 | ,001 | ,003 | ,011 | -,001 | -,002 | ,005 | ,007 | ,006 | -,004 | -,005 |
| | X12 | -,001 | -,005 | -,005 | ,000 | -,001 | ,001 | ,001 | -,009 | ,000 | -,001 | -,004 | ,065 | -,001 |
| | X13 | ,002 | ,010 | -,021 | ,000 | -,003 | -,013 | -,001 | ,005 | -,012 | -,014 | -,005 | -,001 | ,034 |
| Correlación anti-imagen | X2 | ,658 ^a | ,392 | -,523 | -,605 | -,668 | -,774 | -,167 | ,799 | -,568 | -,788 | -,591 | -,256 | ,540 |
| | X3 | ,392 | ,677 ^a | -,442 | -,079 | -,079 | -,201 | -,279 | ,484 | -,241 | -,351 | -,068 | -,044 | ,134 |
| | X4 | -,523 | -,442 | ,347 ^a | ,483 | ,675 | ,626 | -,175 | -,457 | ,880 | ,832 | ,744 | -,091 | -,502 |
| | X7 | -,605 | -,079 | ,483 | ,654 ^a | ,922 | ,838 | -,671 | -,434 | ,442 | ,613 | ,856 | -,056 | -,167 |
| | X8 | -,668 | -,079 | ,675 | ,922 | ,584 ^a | ,897 | -,557 | -,506 | ,678 | ,795 | ,950 | -,109 | -,401 |
| | X9 | -,774 | -,201 | ,626 | ,838 | ,897 | ,559 ^a | -,343 | -,627 | ,637 | ,770 | ,819 | ,016 | -,417 |
| | X10 | -,167 | -,279 | -,175 | -,671 | -,557 | -,343 | ,826 ^a | -,257 | -,068 | -,070 | -,574 | ,429 | -,262 |
| | X11 | ,799 | ,484 | -,457 | -,434 | -,506 | -,627 | -,257 | ,703 ^a | -,487 | -,698 | -,428 | -,501 | ,412 |
| | X1 | -,568 | -,241 | ,880 | ,442 | ,678 | ,637 | -,068 | -,487 | ,622 ^a | ,887 | ,685 | ,007 | -,624 |
| | X5 | -,788 | -,351 | ,832 | ,613 | ,795 | ,770 | -,070 | -,698 | ,887 | ,327 ^a | ,799 | -,025 | -,668 |
| | X6 | -,591 | -,068 | ,744 | ,856 | ,950 | ,819 | -,574 | -,428 | ,685 | ,799 | ,531 ^a | -,202 | -,341 |
| | X12 | -,256 | -,044 | -,091 | -,056 | -,109 | ,016 | ,429 | -,501 | ,007 | -,025 | -,202 | ,868 ^a | -,027 |
| | X13 | ,540 | ,134 | -,502 | -,167 | -,401 | -,417 | -,262 | ,412 | -,624 | -,668 | -,341 | -,027 | ,775 ^a |

a. Medidas de adecuación de muestreo (MSA)

Fuente: Resultado del SPSS 23

Tabla 10

Matrices anti-imagen sin la variable X5

| Matrices anti-imagen | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-----|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | X2 | X3 | X4 | X7 | X8 | X9 | X10 | X11 | X1 | X6 | X12 | X13 |
| Covarianza anti-imagen | X2 | ,001 | ,002 | ,004 | ,000 | ,000 | -,003 | ,000 | ,001 | ,003 | ,000 | -,003 | ,000 |
| | X3 | ,002 | ,184 | -,050 | ,001 | ,011 | ,014 | -,002 | ,014 | ,015 | ,021 | -,006 | -,015 |
| | X4 | ,004 | -,050 | ,164 | ,000 | ,001 | -,005 | -,001 | ,012 | ,049 | ,013 | -,013 | ,013 |
| | X7 | ,000 | ,001 | ,000 | ,000 | ,001 | ,004 | ,000 | -1,903E-5 | -,001 | ,002 | ,000 | ,002 |
| | X8 | ,000 | ,011 | ,001 | ,001 | ,005 | ,015 | -,001 | ,001 | -,002 | ,008 | -,003 | ,005 |
| | X9 | -,003 | ,014 | -,005 | ,004 | ,015 | ,075 | -,002 | -,005 | -,009 | ,019 | ,004 | ,014 |
| | X10 | ,000 | -,002 | -,001 | ,000 | -,001 | -,002 | ,000 | ,000 | -3,756E-5 | -,001 | ,001 | -,001 |
| | X11 | ,001 | ,014 | ,012 | -1,903E-5 | ,001 | -,005 | ,000 | ,009 | ,008 | ,004 | -,017 | -,002 |
| | X1 | ,003 | ,015 | ,049 | -,001 | -,002 | -,009 | -3,756E-5 | ,008 | ,047 | -,002 | ,004 | -,005 |
| | X6 | ,000 | ,021 | ,013 | ,002 | ,008 | ,019 | -,001 | ,004 | -,002 | ,017 | -,010 | ,014 |
| | X12 | -,003 | -,006 | -,013 | ,000 | -,003 | ,004 | ,001 | -,017 | ,004 | -,010 | ,065 | -,004 |
| | X13 | ,000 | -,015 | ,013 | ,002 | ,005 | ,014 | -,001 | -,002 | -,005 | ,014 | -,004 | ,062 |
| Correlación anti-imagen | X2 | ,855 ^a | ,201 | ,390 | -,251 | -,111 | -,426 | -,361 | ,565 | ,460 | ,105 | -,447 | ,029 |
| | X3 | ,201 | ,723 ^a | -,289 | ,184 | ,352 | ,116 | -,324 | ,357 | ,161 | ,376 | -,057 | -,143 |
| | X4 | ,390 | -,289 | ,728 ^a | -,061 | ,041 | -,042 | -,212 | ,311 | ,552 | ,237 | -,126 | ,131 |
| | X7 | -,251 | ,184 | -,061 | ,723 ^a | ,906 | ,725 | -,796 | -,011 | -,277 | ,771 | -,052 | ,413 |
| | X8 | -,111 | ,352 | ,041 | ,906 | ,700 ^a | ,735 | -,829 | ,112 | -,095 | ,863 | -,147 | ,288 |
| | X9 | -,426 | ,116 | -,042 | ,725 | ,735 | ,761 ^a | -,455 | -,195 | -,155 | ,530 | ,056 | ,204 |
| | X10 | -,361 | -,324 | -,212 | -,796 | -,829 | -,455 | ,715 ^a | -,428 | -,014 | -,864 | ,428 | -,415 |
| | X11 | ,565 | ,357 | ,311 | -,011 | ,112 | -,195 | -,428 | ,827 ^a | ,398 | ,301 | -,724 | -,101 |
| | X1 | ,460 | ,161 | ,552 | -,277 | -,095 | -,155 | -,014 | ,398 | ,881 ^a | -,085 | ,064 | -,091 |
| | X6 | ,105 | ,376 | ,237 | ,771 | ,863 | ,530 | -,864 | ,301 | -,085 | ,656 ^a | -,303 | ,430 |
| | X12 | -,447 | -,057 | -,126 | -,052 | -,147 | ,056 | ,428 | -,724 | ,064 | -,303 | ,779 ^a | -,059 |
| | X13 | ,029 | -,143 | ,131 | ,413 | ,288 | ,204 | -,415 | -,101 | -,091 | ,430 | -,059 | ,906 ^a |

a. Medidas de adecuación de muestreo (MSA)

Fuente: Resultado del SPSS 23

Tabla 11
Matrices anti-imagen sin las variables X5 y X6

| Matrices anti-imagen | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-----|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | X1 | X2 | X4 | X7 | X8 | X9 | X10 | X11 | X12 | X13 |
| Covarianza anti-imagen | X1 | ,024 | ,002 | -,006 | -,002 | ,005 | ,010 | ,033 | -,018 | ,005 | -,005 |
| | X2 | ,002 | ,001 | -,001 | -,001 | ,001 | -,001 | ,003 | -,003 | -,001 | -,001 |
| | X4 | -,006 | -,001 | ,042 | -6,067E-5 | -,003 | -,020 | -,004 | -,015 | ,007 | ,016 |
| | X7 | -,002 | -,001 | -6,067E-5 | ,000 | -,001 | ,002 | -,002 | ,003 | ,000 | ,000 |
| | X8 | ,005 | ,001 | -,003 | -,001 | ,002 | ,002 | ,006 | -,004 | -,001 | -,002 |
| | X9 | ,010 | -,001 | -,020 | ,002 | ,002 | ,082 | ,017 | ,000 | -,019 | -,006 |
| | X10 | ,033 | ,003 | -,004 | -,002 | ,006 | ,017 | ,068 | -,033 | ,008 | -,012 |
| | X11 | -,018 | -,003 | -,015 | ,003 | -,004 | ,000 | -,033 | ,225 | -,009 | ,000 |
| | X12 | ,005 | -,001 | ,007 | ,000 | -,001 | -,019 | ,008 | -,009 | ,022 | ,001 |
| | X13 | -,005 | -,001 | ,016 | ,000 | -,002 | -,006 | -,012 | ,000 | ,001 | ,012 |
| Correlación anti-imagen | X1 | ,780 ^a | ,407 | -,197 | -,512 | ,717 | ,234 | ,810 | -,249 | ,202 | -,291 |
| | X2 | ,407 | ,810 ^a | -,190 | -,909 | ,529 | -,130 | ,404 | -,272 | -,302 | -,313 |
| | X4 | -,197 | -,190 | ,870 ^a | -,014 | -,289 | -,333 | -,073 | -,159 | ,240 | ,719 |
| | X7 | -,512 | -,909 | -,014 | ,793 ^a | -,711 | ,255 | -,436 | ,289 | ,118 | ,102 |
| | X8 | ,717 | ,529 | -,289 | -,711 | ,806 ^a | ,132 | ,516 | -,193 | -,120 | -,304 |
| | X9 | ,234 | -,130 | -,333 | ,255 | ,132 | ,908 ^a | ,233 | ,001 | -,439 | -,197 |
| | X10 | ,810 | ,404 | -,073 | -,436 | ,516 | ,233 | ,737 ^a | -,265 | ,212 | -,442 |
| | X11 | -,249 | -,272 | -,159 | ,289 | -,193 | ,001 | -,265 | ,937 ^a | -,135 | ,008 |
| | X12 | ,202 | -,302 | ,240 | ,118 | -,120 | -,439 | ,212 | -,135 | ,936 ^a | ,067 |
| | X13 | -,291 | -,313 | ,719 | ,102 | -,304 | -,197 | -,442 | ,008 | ,067 | ,875 ^a |

a. Medida de adecuación muestral

Fuente: Resultado del SPSS 23

A fin de reducir la dimensionalidad del problema de manera de incluir en un solo factor más de una variable, se analiza la matriz de correlaciones (ver Tabla 12); esto es, verificar que exista una correlación entre las variables. En este caso, encontramos que el 100 % de los coeficientes de correlación son diferentes de cero, lo que implica que es posible continuar con el análisis.

Tabla 12

Matriz de correlaciones para ocho componentes

| | | Matriz de correlaciones ^a | | | | | | | |
|-------------------|-----|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | X2 | X3 | X4 | X7 | X8 | X9 | X10 | X11 |
| Correlación | X2 | 1,000 | -,435 | ,439 | ,996 | ,942 | ,858 | ,999 | ,962 |
| | X3 | -,435 | 1,000 | ,415 | -,400 | -,432 | -,450 | -,424 | -,511 |
| | X4 | ,439 | ,415 | 1,000 | ,455 | ,476 | ,317 | ,447 | ,401 |
| | X7 | ,996 | -,400 | ,455 | 1,000 | ,921 | ,836 | ,998 | ,946 |
| | X8 | ,942 | -,432 | ,476 | ,921 | 1,000 | ,784 | ,941 | ,949 |
| | X9 | ,858 | -,450 | ,317 | ,836 | ,784 | 1,000 | ,848 | ,875 |
| | X10 | ,999 | -,424 | ,447 | ,998 | ,941 | ,848 | 1,000 | ,960 |
| | X11 | ,962 | -,511 | ,401 | ,946 | ,949 | ,875 | ,960 | 1,000 |
| Sig. (unilateral) | X2 | | ,041 | ,039 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 |
| | X3 | ,041 | | ,049 | ,056 | ,042 | ,035 | ,045 | ,018 |
| | X4 | ,039 | ,049 | | ,033 | ,027 | ,108 | ,036 | ,056 |
| | X7 | ,000 | ,056 | ,033 | | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 |
| | X8 | ,000 | ,042 | ,027 | ,000 | | ,000 | ,000 | ,000 |
| | X9 | ,000 | ,035 | ,108 | ,000 | ,000 | | ,000 | ,000 |
| | X10 | ,000 | ,045 | ,036 | ,000 | ,000 | ,000 | | ,000 |
| | X11 | ,000 | ,018 | ,056 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | |

a. Determinante = 4,013E-10

Fuente: Resultado del SPSS 23

Luego de haber comprobado la normalidad de los datos con la prueba de Kolmogorov-Smirnov, según se muestra en el anexo C, y como también puede observarse en las figuras del Anexo B, para distribución univariante; debe realizarse la verificación de la linealidad de las variables dado que las correlaciones representan la asociación lineal de éstas. Para ello, se examina los gráficos de dispersión de las variables con el fin de identificar tendencias no lineales en los datos.

La prueba de Kolmogórov-Smirnov (también, prueba K-S) es una prueba no paramétrica que determina la bondad de ajuste de dos distribuciones de probabilidad entre sí y es más sensible a los valores cercanos a la mediana que a los extremos de la distribución. Se comprueba el nivel de significancia con el valor de la significación exacta; si es menor que 0.05, la distribución no es normal, si es mayor que 0.05 la distribución es normal.

Los valores de significación exacta bilateral para X5 y X6 muestran que estas dos variables no pasan la prueba de normalidad. Ello también sustenta su eliminación durante la etapa de reducción de variables y la posterior aplicación del análisis factorial por extracción de componentes principales.

La figura 27 muestra los resultados de la aplicación de la correlación lineal de Pearson a las 8 variables con el fin de evaluar la linealidad de los datos.

Tabla 13

Resultados de la aplicación de la correlación lineal de Pearson

| | | Correlaciones | | | | | | | |
|-----|------------------------|---------------|--------|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | X2 | X3 | X4 | X7 | X8 | X9 | X10 | X11 |
| X2 | Correlación de Pearson | 1 | -,435 | ,439 | ,996** | ,942** | ,858** | ,999** | ,962** |
| | Sig. (bilateral) | | ,081 | ,078 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 |
| | N | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 |
| X3 | Correlación de Pearson | -,435 | 1 | ,415 | -,400 | -,432 | -,450 | -,424 | -,511* |
| | Sig. (bilateral) | ,081 | | ,098 | ,111 | ,083 | ,070 | ,090 | ,036 |
| | N | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 |
| X4 | Correlación de Pearson | ,439 | ,415 | 1 | ,455 | ,476 | ,317 | ,447 | ,401 |
| | Sig. (bilateral) | ,078 | ,098 | | ,067 | ,053 | ,216 | ,072 | ,111 |
| | N | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 |
| X7 | Correlación de Pearson | ,996** | -,400 | ,455 | 1 | ,921** | ,836** | ,998** | ,946** |
| | Sig. (bilateral) | ,000 | ,111 | ,067 | | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 |
| | N | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 |
| X8 | Correlación de Pearson | ,942** | -,432 | ,476 | ,921** | 1 | ,784** | ,941** | ,949** |
| | Sig. (bilateral) | ,000 | ,083 | ,053 | ,000 | | ,000 | ,000 | ,000 |
| | N | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 |
| X9 | Correlación de Pearson | ,858** | -,450 | ,317 | ,836** | ,784** | 1 | ,848** | ,875** |
| | Sig. (bilateral) | ,000 | ,070 | ,216 | ,000 | ,000 | | ,000 | ,000 |
| | N | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 |
| X10 | Correlación de Pearson | ,999** | -,424 | ,447 | ,998** | ,941** | ,848** | 1 | ,960** |
| | Sig. (bilateral) | ,000 | ,090 | ,072 | ,000 | ,000 | ,000 | | ,000 |
| | N | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 |
| X11 | Correlación de Pearson | ,962** | -,511* | ,401 | ,946** | ,949** | ,875** | ,960** | 1 |
| | Sig. (bilateral) | ,000 | ,036 | ,111 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | |
| | N | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 |

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

* La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Fuente: Resultado del SPSS 23

La comprobación de la linealidad de los datos de las variables ratifica (figura 27) que los datos son apropiados para la aplicación del análisis factorial por extracción de componentes.

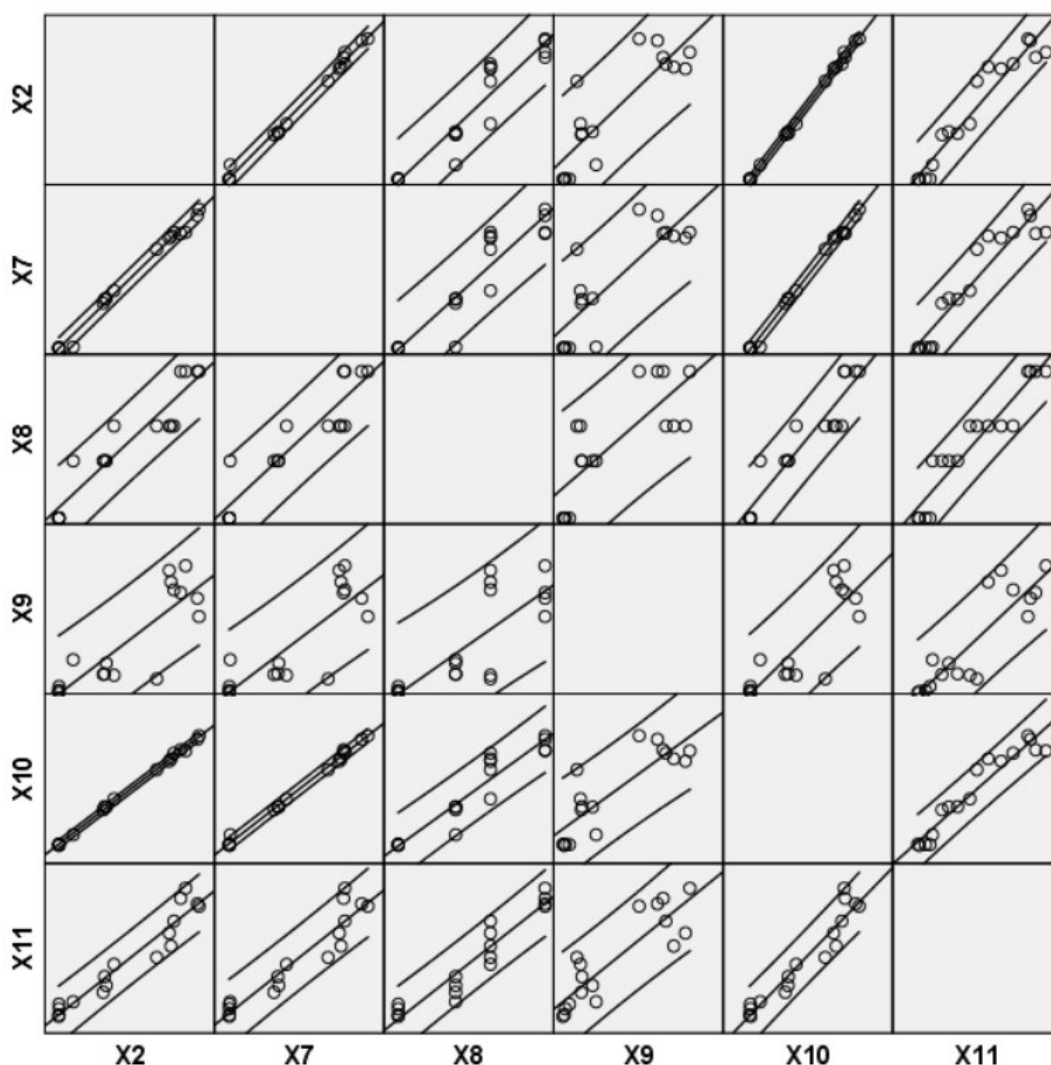


Figura 27. Comprobación de la linealidad de los datos de las variables.
Fuente: Resultado de corrida en SPSS 23

Por otro lado, en la Tabla 14 se observa que la medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin indica que la muestra de datos utilizada es adecuada dado que su valor de 0,789 oscila entre 0 y 1 siendo que, cuanto más cercano se encuentra de la unidad, más adecuados son los datos. La aplicación de la prueba de esfericidad de Barlett, tiene la intención de comprobar la hipótesis de que la matriz de correlaciones corresponde a una matriz de identidad. Dado que la significancia tiene un valor de 0,000, entonces se rechaza la hipótesis de que se trata de una matriz identidad con lo cual se puede concluir que las variables están correlacionadas.

Tabla 14
KMO y prueba de Bartlett para ocho componentes

| | |
|---|---------|
| Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin | 0,789 |
| Prueba de esfericidad de Bartlett | |
| Chi-cuadrado aproximado | 270,455 |
| Grados de libertad | 28 |
| Significancia | 0,000 |

Fuente: Resultado del SPSS 23

En la Tabla 15 de Comunalidades, estimaciones de la varianza común o compartida entre las variables, se puede observar que las medidas de adecuación muestral de cada una de las variables consideradas individualmente son altas, lo que muestra un buen nivel de adecuación de los datos para análisis, siendo que el método de extracción correspondió al Análisis de Componentes Principales.

Tabla 15
Comunalidades para ocho componentes

| Factor | Inicial | Extracción | Factor | Inicial | Extracción |
|--------|---------|------------|--------|---------|------------|
| X2 | 1,000 | 0,983 | X8 | 1,000 | 0,921 |
| X3 | 1,000 | 0,917 | X9 | 1,000 | 0,800 |
| X4 | 1,000 | 0,921 | X10 | 1,000 | 0,979 |
| X7 | 1,000 | 0,963 | X11 | 1,000 | 0,970 |

Fuente: Resultado del SPSS 23

Comprobados los datos podemos observar que la información que se explica en la estimación del modelo factorial y que se encuentra contenida en cada una de las variables, es alta. Ahora bien, considerando que el máximo número de factores posibles de extraer es equivalente al número de variables, es necesario decidir el número de variables que serán elegidas. En ese caso, es conveniente utilizar el criterio de seleccionar aquellos factores que tengan un

primer autovalor mayor de la unidad, lo cual implica que estos factores pueden explicar más de una variable. La Tabla 16 de la Varianza total explicada muestra dos resultados, el primero explica el 75,316 % y el segundo explica el 17,853 %, de variables que, en conjunto, representan un 93,169 % representando una pérdida de información equivalente a la diferencia (6,831 %) del 100 %.

Tabla 16

Varianza total explicada para ocho componentes

| Varianza total explicada | | | | | | |
|--------------------------|-----------------------|---------------|-------------|---|---------------|-------------|
| Componente | Autovalores iniciales | | | Sumas de extracción de cargas al cuadrado | | |
| | Total | % de varianza | % acumulado | Total | % de varianza | % acumulado |
| 1 | 6,025 | 75,316 | 75,316 | 6,025 | 75,316 | 75,316 |
| 2 | 1,428 | 17,853 | 93,169 | 1,428 | 17,853 | 93,169 |
| 3 | ,251 | 3,140 | 96,309 | | | |
| 4 | ,184 | 2,299 | 98,609 | | | |
| 5 | ,081 | 1,006 | 99,615 | | | |
| 6 | ,029 | ,368 | 99,983 | | | |
| 7 | ,001 | ,011 | 99,994 | | | |
| 8 | ,000 | ,006 | 100,000 | | | |

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Fuente: Resultado del SPSS 23

Considerando que el primero concentra información, se realiza la rotación ortogonal utilizando el método Varimax de los factores consiguiéndose que el primer factor y el segundo factor expliquen los mismos porcentajes que antes de la rotación, según se observa en la Tabla 17.

Tabla 17

Varianza total explicada con método de rotación ortogonal, Varimax

| Varianza total explicada | | | | | | | | | |
|--------------------------|-----------------------|---------------|-------------|---|---------------|-------------|---|---------------|-------------|
| Componente | Autovalores iniciales | | | Sumas de extracción de cargas al cuadrado | | | Sumas de rotación de cargas al cuadrado | | |
| | Total | % de varianza | % acumulado | Total | % de varianza | % acumulado | Total | % de varianza | % acumulado |
| 1 | 6,025 | 75,316 | 75,316 | 6,025 | 75,316 | 75,316 | 6,025 | 75,316 | 75,316 |
| 2 | 1,428 | 17,853 | 93,169 | 1,428 | 17,853 | 93,169 | 1,428 | 17,853 | 93,169 |
| 3 | ,251 | 3,140 | 96,309 | | | | | | |
| 4 | ,184 | 2,299 | 98,609 | | | | | | |
| 5 | ,081 | 1,006 | 99,615 | | | | | | |
| 6 | ,029 | ,368 | 99,983 | | | | | | |
| 7 | ,001 | ,011 | 99,994 | | | | | | |
| 8 | ,000 | ,006 | 100,000 | | | | | | |

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Fuente: Resultado del SPSS 23

Debido a este resultado, se aplica el método de rotación oblicua utilizando Oblimin del SPSS para verificar si se consigue una mejor distribución de la información explicada por cada uno de los factores.

Tabla 16

Varianza total explicada con método de rotación oblicua, Oblimin

| Varianza total explicada | | | | | | | |
|--------------------------|-----------------------|---------------|-------------|---|---------------|-------------|--|
| Componente | Autovalores iniciales | | | Sumas de extracción de cargas al cuadrado | | | Sumas de rotación de cargas al cuadrado ^a |
| | Total | % de varianza | % acumulado | Total | % de varianza | % acumulado | Total |
| 1 | 6,025 | 75,316 | 75,316 | 6,025 | 75,316 | 75,316 | 6,025 |
| 2 | 1,428 | 17,853 | 93,169 | 1,428 | 17,853 | 93,169 | 1,428 |
| 3 | ,251 | 3,140 | 96,309 | | | | |
| 4 | ,184 | 2,299 | 98,609 | | | | |
| 5 | ,081 | 1,006 | 99,615 | | | | |
| 6 | ,029 | ,368 | 99,983 | | | | |
| 7 | ,001 | ,011 | 99,994 | | | | |
| 8 | ,000 | ,006 | 100,000 | | | | |

Método de extracción: análisis de componentes principales.

a. Cuando los componentes están correlacionados, las sumas de las cargas al cuadrado no se pueden añadir para obtener una varianza total.

Fuente: Resultado del SPSS 23

De acuerdo con los resultados de la rotación ortogonal y la rotación oblicua, se encuentra que las matrices de componentes identifican los coeficientes de

correlación entre cada una de las variables y cada uno de los factores semejantes.

Tabla 17

Matriz de Componentes^a. Método de rotación ortogonal, Varimax

Matriz de componente^a

| | Componente | |
|-----|------------|-------|
| | 1 | 2 |
| X2 | ,991 | ,019 |
| X10 | ,989 | ,031 |
| X11 | ,983 | -,054 |
| X7 | ,980 | ,049 |
| X8 | ,959 | ,044 |
| X9 | ,891 | -,084 |
| X4 | ,450 | ,848 |
| X3 | -,472 | ,833 |

Método de extracción:
análisis de componentes
principales.

a. 2 componentes extraídos.

Fuente: Resultado del SPSS 23

Tabla 18

Matriz de Componentes^a. Método de rotación Oblimin

Matriz de patrón^a

| | Componente | |
|-----|------------|-------|
| | 1 | 2 |
| X2 | ,991 | ,021 |
| X10 | ,989 | ,033 |
| X11 | ,983 | -,052 |
| X7 | ,980 | ,052 |
| X8 | ,959 | ,046 |
| X9 | ,891 | -,082 |
| X4 | ,449 | ,849 |
| X3 | -,473 | ,832 |

Método de extracción:
análisis de componentes
principales.
Método de rotación: Oblimin
con normalización Kaiser.
a. La rotación ha convergido
en 1 iteraciones.

Matriz de estructura

| | Componente | |
|-----|------------|-------|
| | 1 | 2 |
| X2 | ,991 | ,019 |
| X10 | ,989 | ,031 |
| X11 | ,983 | -,053 |
| X7 | ,980 | ,050 |
| X8 | ,959 | ,045 |
| X9 | ,891 | -,083 |
| X4 | ,448 | ,848 |
| X3 | -,474 | ,833 |

Método de extracción:
análisis de componentes
principales.
Método de rotación: Oblimin
con normalización Kaiser.

Fuente: Resultados del SPSS

La comprobación de la bondad del modelo factorial obtenida se realiza a través de un análisis de los residuos, que muestra las diferencias entre la matriz de correlaciones inicial y la reproducida por el modelo, ver Tabla 21, de forma que en la medida de que sean próximos a cero en valor absoluto, será indicativo de un buen ajuste y es lo que se observa en la Tabla de Correlaciones Reproducidas. A pesar de que existen 2 residuos que representan el 7 % de residuos no redundantes con valores absolutos mayores de 0,05, lo que implicaría un bajo nivel de bondad del modelo, podría ser considerado como relativamente bueno. Se resalta nuevamente que el método de extracción ha sido el de Análisis de Componentes Principales y el Método de Rotación ha sido el de Normalización Oblimin con Kaiser.

Tabla 21
Correlaciones Reproducidas

| | | Correlaciones reproducidas | | | | | | | |
|-------------------------|-----|----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | X2 | X3 | X4 | X7 | X8 | X9 | X10 | X11 |
| Correlación reproducida | X2 | ,983 ^a | -,452 | ,462 | ,972 | ,951 | ,881 | ,981 | ,974 |
| | X3 | -,452 | ,917 ^a | ,494 | -,422 | -,416 | -,490 | -,442 | -,509 |
| | X4 | ,462 | ,494 | ,921 ^a | ,483 | ,469 | ,330 | ,471 | ,397 |
| | X7 | ,972 | -,422 | ,483 | ,963 ^a | ,942 | ,869 | ,971 | ,961 |
| | X8 | ,951 | -,416 | ,469 | ,942 | ,921 ^a | ,850 | ,950 | ,940 |
| | X9 | ,881 | -,490 | ,330 | ,869 | ,850 | ,800 ^a | ,878 | ,880 |
| | X10 | ,981 | -,442 | ,471 | ,971 | ,950 | ,878 | ,979 ^a | ,971 |
| | X11 | ,974 | -,509 | ,397 | ,961 | ,940 | ,880 | ,971 | ,970 ^a |
| Residuo ^b | X2 | | ,018 | -,022 | ,024 | -,009 | -,023 | ,018 | -,011 |
| | X3 | ,018 | | -,079 | ,021 | -,016 | ,040 | ,018 | -,001 |
| | X4 | -,022 | -,079 | | -,028 | ,008 | -,013 | -,023 | ,004 |
| | X7 | ,024 | ,021 | -,028 | | -,021 | -,033 | ,027 | -,015 |
| | X8 | -,009 | -,016 | ,008 | -,021 | | -,066 | -,008 | ,009 |
| | X9 | -,023 | ,040 | -,013 | -,033 | -,066 | | -,030 | -,005 |
| | X10 | ,018 | ,018 | -,023 | ,027 | -,008 | -,030 | | -,011 |
| | X11 | -,011 | -,001 | ,004 | -,015 | ,009 | -,005 | -,011 | |

Método de extracción: análisis de componentes principales.

a. Comunalidades reproducidas

b. Los residuos se calculan entre las correlaciones observadas y reproducidas. Existen 2 (7,0%) residuos no redundantes con valores absolutos mayores que 0,05.

Fuente: Resultado del SPSS 23

La figura 28 muestra los componentes extraídos. El primer componente muestra una línea inclinada descendente que luego va tornando a una tendencia horizontal a partir del tercer componente. Como resultado de la aplicación del criterio de raíz latente o de autovalor, cualquier factor individual debería justificar la varianza de por lo menos una única variable; como cada variable contribuye con un valor de 1 para el autovalor total, se considera los factores que tienen autovalores mayores que 1 (Hair, 2008, p.52). Por lo tanto, se considera sólo los dos primeros componentes.

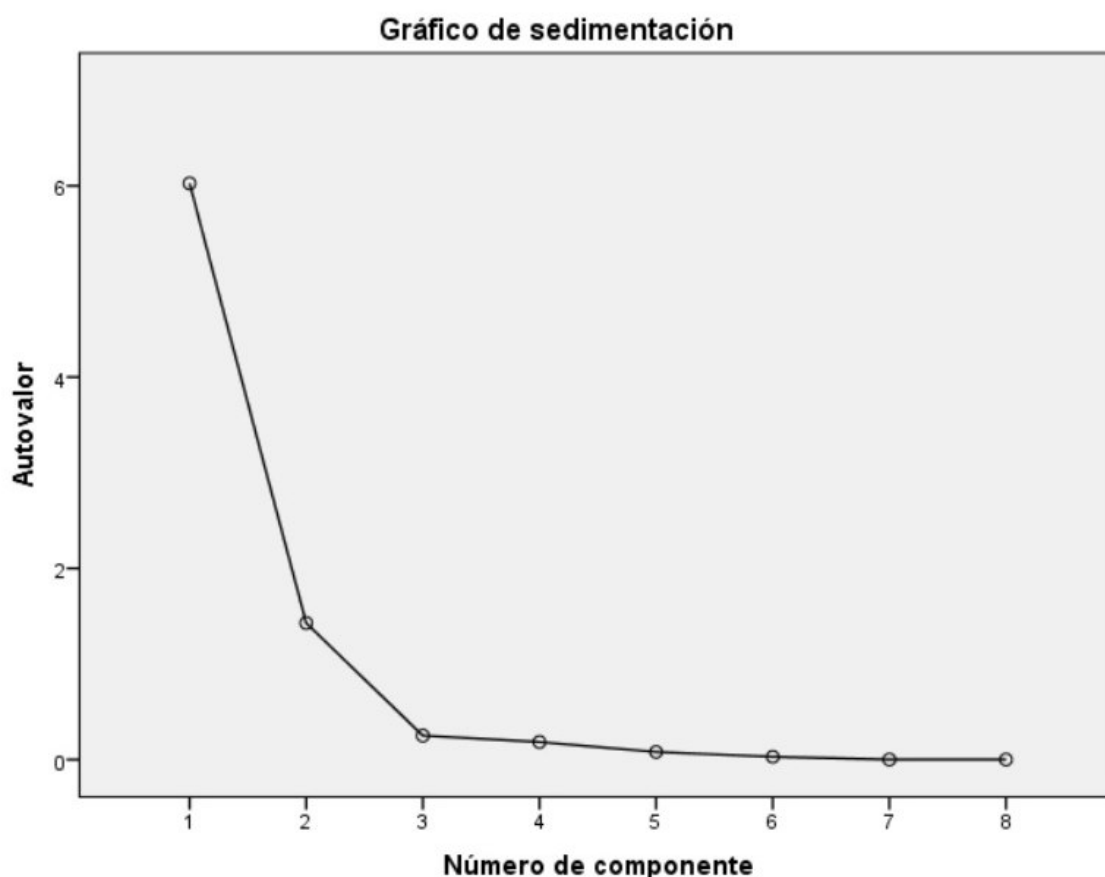


Figura 28. Gráfico de autovalor para la determinación de componentes.

Fuente: Resultado de corrida en SPSS

Luego, los componentes principales resultantes, con sus respectivas cargas factoriales, son:

$$Y1 = 0.991X2 - 0.473X3 + 0.449X4 + 0.980X7 + 0.959X8 + 0.891X9 + 0.989X10 + 0.983X11$$

$$Y2 = 0.021X2 + 0.832X3 + 0.849X4 + 0.052X7 + 0.046X8 - 0.082X9 + 0.033X10 - 0.052X11$$

Los componentes Y1 e Y2 relacionan el abastecimiento de GLP, de acuerdo a su origen; por lo cual Y1 se designa GLP_{Gas Natural} e Y2 corresponde a GLP_{Petróleo}, por tanto:

$$\text{GLP}_{\text{Gas Natural}} = 0,991 \text{ Producción de LGN} - 0,473 \text{ Procesamiento de Petróleo} + 0,449 \text{ Importación de Petróleo} + 0,980 \text{ Procesamiento de LGN} + 0,959 \text{ Capacidad de almacenamiento de GLP} + 0,891 \text{ Cierre de puertos} + 0,989 \text{ Producción de GLP} + 0,983 \text{ Demanda de GLP}$$

$$\text{GLP}_{\text{Petróleo}} = 0,021 \text{ Producción de LGN} + 0,832 \text{ Procesamiento de Petróleo} + 0,849 \text{ Importación de Petróleo} + 0,052 \text{ Procesamiento de LGN} + 0,046 \text{ Capacidad de almacenamiento de GLP} - 0,082 \text{ Cierre de puertos} + 0,033 \text{ Producción de GLP} - 0,052 \text{ Demanda de GLP}$$

Las cargas positivas indican que los componentes están afectados de la misma forma que las variables mientras que las cargas negativas manifiestan un efecto contrario. La magnitud de las cargas muestra el efecto que tiene la variable sobre cada componente.

El primer componente contiene la variable con máxima varianza y tiene un solo coeficiente negativo; el segundo componente tiene dos coeficientes negativos, por lo cual mayormente los efectos de las variables son directos.

De acuerdo con estos resultados, el componente 1, Y1 (GLP_{Gas Natural}), agrupa las variables X2 (Producción de LGN), X7 (Procesamiento de LGN), X8 (Capacidad de GLP), X9 (Cierre de puertos), X10 (Producción de GLP) y X11 (Demanda de GLP) que presentan los mayores pesos, relacionados al suministro

de GLP a partir de los líquidos de gas natural por lo cual se le etiqueta como “GLP, proveniente de los LGN”.

El componente 2, Y2 (GLP_{Petróleo}), complementariamente, agrupa a las variables X3 (Procesamiento de petróleo) y X4 (Importación de petróleo) es etiquetado como “GLP, proveniente del petróleo”, al representar las dimensiones subyacentes al suministro de GLP a partir del petróleo. Esto indica que el abastecimiento de GLP, a partir de petróleo, depende de la producción de GLP a partir del procesamiento de petróleo producido en el país o de petróleo importado, lo cual sólo representa aproximadamente el 13 % (ver figura 4).

El resultado para el componente Y1 ratifica el hecho de que la producción de Líquidos de Gas Natural y su correspondiente procesamiento, incide fundamentalmente en la satisfacción de la demanda de GLP a nivel nacional, lo cual es consistente con el hecho de que aproximadamente el 83 % del GLP (ver figura 4) que satisface la demanda nacional proviene del procesamiento de gas natural. Esto se explica dado que el mayor productor de GLP en el país es la empresa Pluspetrol, quien procesa el gas natural procedente del lote 57, operado por Repsol y tiene, además, integración vertical dado que produce gas natural en los lotes 56 y 88; separa los líquidos de gas natural en su planta de Malvinas y luego, los procesa en su planta de fraccionamiento de Pisco desde donde distribuye GLP hacia Lima, por vía marítima, y, por vía terrestre, hacia el sur del país.

5.3 Resultados sobre la Hipótesis

5.3.1 Comprobación de la Hipótesis

Con la finalidad de comprobar las hipótesis específicas se aplica el análisis factorial de componentes principales y se evalúa las cargas factoriales. La interpretación de los factores y la selección de la solución factorial final requiere

seguir tres pasos. En el primero, debe obtenerse una indicación preliminar del número de factores a extraer para lo cual se calcula la matriz inicial de factores no rotado y que contiene las cargas factoriales para cada variable sobre cada factor; es decir, se obtiene la mejor combinación lineal de variables con el mayor porcentaje de varianza de los datos.

Así, el primer factor se muestra como la mejor combinación lineal de las variables o, dicho de otra manera, resume todas las relaciones lineales que muestran los datos. El segundo factor representa la segunda mejor combinación lineal de las variables con la restricción de que debe ser ortogonal al primer factor, ello se consigue al derivarse de la varianza restante tras la extracción del primer factor. Por lo tanto, el segundo factor representa la combinación lineal de las variables con el mayor porcentaje de varianza residual una vez eliminados de los datos, el efecto del primer factor. Los otros factores son definidos tomando en cuenta los mismos criterios.

Las soluciones factoriales no rotadas permiten la reducción de datos, pero no necesariamente facilitan información para una interpretación adecuada de las variables que se analizan. En virtud de ello, debe determinarse las cargas factoriales para la interpretación de la función que desempeña cada variable al definir cada factor. Las cargas factoriales son las correlaciones existentes entre cada variable y el factor e indican su grado de correspondencia de forma que una variable con la mayor carga es la que representa al factor.

Hair et al (2008) indican que, generalmente, es deseable la rotación de la matriz de factores dado que simplifica la estructura de los factores obteniéndose soluciones factoriales más simples y significativas mejorando la interpretación. Asimismo, establecen que no hay reglas concretas en la selección de una técnica de rotación; sin embargo, si el objetivo de la investigación es reducir el número de variables independientemente del significado resultante de los factores o si se desea reducir el número de variables a un conjunto pequeño de variables inter correlacionadas para luego realizar análisis de regresión, entre otras técnicas, se utiliza la rotación ortogonal. Por otro lado, si el objetivo es obtener varios factores

significativos, se recomienda realizar la rotación oblicua al tener menos factores inter correlacionados.

Es importante destacar la significancia de las cargas factoriales; así, las cargas factoriales menores a ± 0.30 están en el nivel mínimo de significancia práctica, las cargas de ± 0.40 tienen mayor importancia y las cargas de ± 0.50 o mayores, se consideran significativas. Luego, cuanto mayor sea la magnitud absoluta de la carga factorial, la carga al interpretar la matriz factorial resulta más importante. Dado que, la carga factorial es la correlación entre la variable y el factor, el cuadrado de la carga es el valor de la varianza total de la variable de la que da cuenta el factor. Así, una carga de 0.30 implica aproximadamente una explicación de un 10%, y una carga de 0.50 quiere decir que un 25% de la varianza es debida al factor. Para que un factor explique un 50% de la varianza debe contar con una carga que supere el 70%.

Cuando ya se ha obtenido una solución factorial en la que todas las variables tienen una carga significativa sobre un factor, se procura atribuir un significado al patrón de cargas factoriales. Las variables con mayor carga se consideran más importantes y tienen mayor influencia sobre el nombre o etiqueta que se selecciona para representar al factor. En la presentación de resultados se explica el etiquetado realizado a los dos factores o componentes obtenidos de la aplicación del análisis factorial por componentes principales.

5.3.2 Comprobación de la Hipótesis general

El factor que produce un impacto significativo en el abastecimiento de GLP a nivel nacional se encuentra entre los factores críticos identificados.

De acuerdo con los resultados del Análisis de Componentes Principales, se cumple que el factor que produce un impacto significativo en el abastecimiento de GLP a nivel nacional se encuentra entre los factores críticos identificados; específicamente en el componente principal Y1. Según se observa en los dos

modelos, el factor de mayor carga corresponde a la variable X2 del componente Y1 (0.991).

5.3.3 Comprobación de las Hipótesis específicas

Con la finalidad de comprobar las hipótesis específicas, se debe recurrir a la Tabla 8 que muestra los factores de cambio que afectarían el abastecimiento de GLP en el Perú y que identifican a las variables utilizadas en el análisis de componentes principales; de igual forma, la Tabla 21 muestra cuáles son las variables involucradas en las correlaciones reproducidas. Estas variables forman la matriz de componentes, resultante del método de rotación ortogonal, y, de manera semejante, forman la matriz patrón y la matriz de estructura, resultantes de la aplicación del método de rotación oblicua. En ambos casos, son obtenidos los mismos coeficientes de correlación.

Por tanto, aplicando el criterio de raíz latente o de autovalor (ver figura 28) de los componentes extraídos, se tiene:

$$Y1 = 0.991X2 - 0.473X3 + 0.449X4 + 0.980X7 + 0.959X8 + 0.891X9 + 0.989X10 + 0.983X11$$

$$Y2 = 0.021X2 + 0.832X3 + 0.849X4 + 0.052X7 + 0.046X8 - 0.082X9 + 0.033X10 - 0.052X11$$

Identificando los componentes Y1 e Y2, como el abastecimiento de GLP según su origen, GLP_{Gas Natural} y GLP_{Petróleo}, respectivamente, se tiene:

$$\begin{aligned} \text{GLP}_{\text{Gas Natural}} = & 0,991 \text{ Producción de LGN} - 0,473 \text{ Procesamiento de Petróleo} + \\ & 0,449 \text{ Importación de Petróleo} + 0,980 \text{ Procesamiento de LGN} + \\ & 0,959 \text{ Capacidad de almacenamiento de GLP} + 0,891 \text{ Cierre de} \\ & \text{puertos} + 0,989 \text{ Producción de GLP} + 0,983 \text{ Demanda de GLP} \end{aligned}$$

$$\text{GLP}_{\text{Petróleo}} = 0,021 \text{ Producción de LGN} + 0,832 \text{ Procesamiento de Petróleo} + 0,849 \text{ Importación de Petróleo} + 0,052 \text{ Procesamiento de LGN} + 0,046 \text{ Capacidad de almacenamiento de GLP} - 0,082 \text{ Cierre de puertos} + 0,033 \text{ Producción de GLP} - 0,052 \text{ Demanda de GLP}$$

Se comprueba que:

H1: El factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es la producción de petróleo

La variable X1, Producción de petróleo, fue eliminada del análisis (ver Tabla 9) durante el proceso de verificación del cumplimiento de los requisitos para aplicar el Análisis de Componentes Principales, por lo cual no representa un factor que cause un impacto significativo en el abastecimiento de GLP a nivel nacional.

H2: El factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es la producción de líquidos de gas natural (LGN)

La variable X2, Producción de LGN, representa el factor de mayor peso entre los componentes Y1 (0.991) e Y2 (0.021), por lo cual se verifica que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP a nivel nacional; de esta manera, esta hipótesis resulta verdadera.

H3: El factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es el procesamiento de petróleo

La variable X3, Procesamiento de petróleo, representa un factor de peso moderado, pero con un efecto contrario en el componente Y1 (-0.473); sin embargo, muestra un efecto en el mismo sentido, pero con un mayor peso en el componente Y2 (0.832).

H4: El factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es la importación de petróleo.

La variable X4, Importación de petróleo, representa un factor de peso moderado en el componente Y1 (0.449); sin embargo, muestra un efecto con un mayor peso en el componente Y2 (0.849).

H5: El factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, son las reservas de petróleo

La variable X5, Reservas de petróleo, fue eliminada del análisis (ver Tabla 10) durante el proceso de verificación del cumplimiento de los requisitos para aplicar el Análisis de Componentes Principales, por lo cual no representa un factor que cause un impacto significativo en el abastecimiento de GLP a nivel nacional.

H6: El factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, son las reservas de gas natural

La variable X6, Reservas de LGN, fue eliminada del análisis (ver Tabla 11) durante el proceso de verificación del cumplimiento de los requisitos para aplicar el Análisis de Componentes Principales, por lo cual no representa un factor que cause un impacto significativo en el abastecimiento de GLP a nivel nacional.

H7: El factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es el procesamiento de LGN

La variable X7, Procesamiento de LGN, representa el factor de peso elevado entre los componentes Y1 (0.980) e Y2 (0.052), por lo cual se verifica que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP a nivel nacional; de esta manera, esta hipótesis resulta verdadera.

H8: El factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es la capacidad de almacenamiento de GLP

La variable X8, Capacidad de GLP, corresponde a la variable que representa la capacidad total de almacenamiento de GLP a nivel nacional; asimismo, representa un factor de peso elevado entre los componentes Y1 (0.959) e Y2

(0.046), por lo cual se verifica que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP a nivel nacional; de esta manera, esta hipótesis resulta verdadera.

H9: El factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es el cierre de puertos

La variable X9, Cierre de puertos, representa la situación que se presenta cuando las condiciones climatológicas propician el oleaje anómalo en el litoral peruano; por tanto, el factor muestra un peso elevado entre los componentes Y1 (0.891) e Y2 (-0.082), por lo cual se verifica que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP a nivel nacional; de esta manera, esta hipótesis resulta verdadera.

H10: El factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es la producción de GLP

La variable X10, Producción de GLP, representa un factor de peso elevado entre los componentes Y1 (0.989) e Y2 (0.033), por lo cual se verifica que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP a nivel nacional; de esta manera, esta hipótesis resulta verdadera.

H11: El factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es la demanda de GLP

La variable X11, Demanda de GLP, representa otro factor de peso elevado entre los componentes Y1 (0.983) e Y2 (0.052), por lo cual se verifica que también causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP a nivel nacional; de esta manera, esta hipótesis resulta verdadera.

H12: El factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es la importación de GLP

La variable X12, Importación de GLP, fue eliminada del análisis (ver Tabla 12) durante el proceso de verificación del cumplimiento de los requisitos para aplicar el Análisis de Componentes Principales, por lo cual no representa un

factor que cause un impacto significativo en el abastecimiento de GLP a nivel nacional.

H13: El factor que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, son los inventarios de GLP

La variable X13, Inventarios de GLP, fue eliminada del análisis durante el proceso de verificación del cumplimiento de los requisitos para aplicar el Análisis de Componentes Principales, por lo cual no representa un factor que cause un impacto significativo en el abastecimiento de GLP a nivel nacional.

De lo observado, la variable que causa el mayor impacto en el abastecimiento de GLP es la variable X2, que corresponde a la Producción de LGN (Líquidos de Gas Natural).

CAPÍTULO 6: APORTES DE LA INVESTIGACIÓN

6.1 Impactos de las variables involucradas

Para efectos de la investigación y, como resultado de comprobar que la definición de la seguridad de abastecimiento ha evolucionado y ha sido ampliada por diversos autores, considerando además que la interpretación de seguridad de abastecimiento de GLP identifica tres aspectos de especial importancia como es la disponibilidad de inventarios de GLP y de infraestructura como capacidad de almacenamiento en esferas u otros medios de almacenamiento (existencia física de GLP suficiente y existencia de infraestructuras adecuadas para llevarlo al mercado); la disponibilidad económica (asequibilidad de suministros, acuerdos contractuales en orden (incluyendo tránsito)) y la continuidad de abastecimiento (ausencia de interrupciones a corto plazo accidentales por causas naturales, técnicas o interrupciones deliberadas del suministro por paros programados), se analiza los impactos al abastecimiento de GLP.

Por lo tanto, se da respuesta a la pregunta ¿Por qué se produce el desabastecimiento de GLP a nivel nacional?, como resultado de haber realizado un análisis factorial de componentes principales tomando en consideración las principales variables involucradas. Se ha encontrado que cualquier factor de

riesgo que afecte la producción de líquidos de gas natural así como la existencia de problemas en los pozos de gas natural; el procesamiento de líquidos de gas natural debido a paros programados o no programados en las plantas de procesamiento; restricciones en la capacidad de almacenamiento de GLP por falta de infraestructura física; el cierre de puertos debido a condiciones climatológicas que derivan en oleajes anómalos; la producción de GLP por paros programados o no programados en la plantas de fraccionamiento de líquidos de gas natural y un aumento inusitado de la demanda de GLP como combustible sustituto, será potencialmente un factor que producirá desabastecimiento de GLP a nivel nacional.

De manera específica, el impacto en el abastecimiento de GLP a nivel nacional, de la producción y procesamiento de petróleo es menor con relación al impacto que produce el gas natural como fuente de hidrocarburos.

El mayor impacto en el abastecimiento de GLP a nivel nacional se da con la producción de líquidos de gas natural (LGN), lo cual se valida considerando que el mayor productor de GLP es la empresa Pluspetrol que atiende aproximadamente el 83% de la demanda nacional de GLP desde la planta de fraccionamiento de Pisco considerando que recibe los líquidos de gas natural de la planta de procesamiento de Malvinas. Por tanto, cualquier factor que afecte el funcionamiento de esta planta de procesamiento afectará el funcionamiento de la planta de fraccionamiento afectando la producción de GLP y, por lo tanto, la continuidad de suministro.

Por otro lado, el impacto en el abastecimiento de GLP de la capacidad de almacenamiento de GLP está dado por las restricciones en la capacidad de procesamiento de la planta Malvinas y en la capacidad de producción de GLP en la planta de fraccionamiento de Pisco debido a la limitada infraestructura de almacenamiento de GLP a nivel nacional. Es decir, no se puede producir más de lo que es posible almacenar.

Otro aspecto que considerar en el impacto en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es debido al cierre de puertos por condiciones climatológicas. La

planta de Pisco se encuentra en zona costera y cuenta con un muelle de carga desde donde se embarca GLP que se destina a las Centros de Distribución de Solgas y Zeta Gas, ubicadas en Ventanilla, y la planta de Terminales del Perú, empresa que opera la planta de Petróleos del Perú, en el Callao. De presentarse oleaje anómalo, no podrá efectuarse maniobras de carga y descarga en ninguno de estos puertos.

Cabe indicar que también se produce un impacto en el abastecimiento de GLP a nivel nacional debido a un aumento en la demanda de GLP cuando este producto es utilizado como combustible sustituto debido a problemas de abastecimiento de otros combustibles de uso doméstico, comercial o industrial.

Debe mencionarse que el impacto en el abastecimiento de GLP debido a la importación de GLP no es significativo cuando la operación de las plantas de procesamiento y de fraccionamiento, principalmente, es normal. Sin embargo, es un aspecto que considerar cuando se produce roturas en el ducto de líquidos de gas natural o en el ducto de gas natural seco lo cual restringe el transporte de líquidos de gas natural hacia Lima.

Respecto del impacto en el abastecimiento de GLP debido a los inventarios de GLP, se ha comprobado que no ha ejercido mayor influencia debido a que las Centros de Distribución, así como algunas plantas de envasado de GLP han optado por la importación ante el riesgo potencial de desabastecimiento. Por otro lado, ante la condición de que algunos agentes obligados no cuentan con capacidad de almacenamiento necesaria para cumplir con la obligación de existencias medias y mínimas, éstos se encuentran desarrollando proyectos de construcción de la infraestructura necesaria para ampliar su capacidad de almacenamiento de GLP.

6.2 Otros impactos

En el capítulo 4 se comentó cómo un problema de transporte de gas natural procedente de los pozos en producción de gas natural podía afectar su posterior procesamiento para la obtención de líquidos de gas natural y, a su vez, afectar la obtención de líquidos de gas natural cuyo fraccionamiento da lugar a la producción de GLP, combustible demandado por consumidores residenciales, comerciales, industriales y vehicular, generándose conflictos sociales debido a su desabastecimiento. Asimismo, este problema de transporte causa restricciones en la producción de gas natural seco de uso vehicular, generación eléctrica y exportación, afectando el desarrollo del mercado interno, la balanza comercial y el producto bruto interno (PBI).

Con la finalidad de evaluar el impacto sobre la economía nacional relacionada con las interrupciones del servicio de transporte de gas natural debido a roturas u otros factores, con apoyo de un especialista de la Gerencia de Políticas y Análisis Económico (GPAE) de Osinergmin, se analizó la matriz de contabilidad social del Perú, no considerada como variable en esta investigación, pero pasible de ser considerada en otras investigaciones que incluyen los efectos en el mercado, la cual permite estimar los impactos macroeconómicos debido a restricciones en el transporte de gas natural.

Una matriz de contabilidad social es una representación matricial del equilibrio sectorial entre la oferta (producción) y la utilización de bienes y servicios (consumo). La matriz contiene tres componentes, las transacciones intersectoriales o utilización intermedia, el valor agregado y la utilización final del bien.

Una matriz insumo-producto (TIP) se construye a partir de las Cuentas Nacionales de un país y su utilización permite cuantificar el impacto que genera sobre toda la economía, el aumento o la disminución de la producción de un sector en particular.

Por otro lado, el Modelo de Equilibrio General Computable es un modelo que representa numéricamente las condiciones de equilibrio agregado, en cada uno de los mercados de una economía en la que intervienen productores y consumidores, con conductas establecidas mediante funciones de producción y utilidad de los consumidores que dependen de precios relativos. Estos precios son calculados en el modelo para que equilibren o limpien los excesos de demanda de los mercados a excepción del mercado de trabajo dado que el modelo admite el desempleo.

Los resultados obtenidos con el modelo pueden ser sensibles a las hipótesis de movilidad de factores entre diversos sectores de la economía, a los valores de las elasticidades de sustitución en el consumo y en la producción, con respecto a los resultados obtenidos en otros países.

El uso de este modelo permite evaluar los costos económicos de shocks junto con alternativas de política para mitigar su impacto o la capacidad de recuperación endógena de la economía ante un shock. Esto se debe a que estos modelos permiten incluir distinto grado de sustitución entre bienes y toman en cuenta los efectos ingreso. Asimismo, permiten separar efectos sobre distintos tipos de hogares y sectores, y apreciar los efectos distributivos y de remuneración del capital en distintas actividades, además de distinguir la vulnerabilidad relativa de cada actividad productiva y de las diferentes categorías de hogares.

Debido a que la estructura sectorial del PBI no ha sufrido grandes cambios, se puede extrapolar los resultados del modelo. Se realizaron 3 simulaciones considerando las restricciones en el transporte de gas natural seco, las restricciones en el transporte de líquidos de gas natural y, finalmente las restricciones en el transporte de ambos. Adicionalmente, en los dos primeros escenarios se consideraron diferentes supuestos respecto del grado de sustitución de los bienes, desde un alto grado de sustitución, hasta la no existencia de sustitutos, como caso extremo.

Los resultados del primer escenario pueden ser observados en la Tabla 22. En este escenario se considera que ha habido una reducción de la producción de

gas natural en 91.7%. Hay una reducida producción de gas natural de tal forma que los resultados para el PBI, varían significativamente dependiendo de la existencia de un sustituto para el gas natural seco. Si existe una alta sustitución de este combustible, entonces hay una pequeña disminución del PBI; en cambio, si hay sustitución moderada, la reducción del PBI aumenta considerablemente haciéndose máxima si la sustitución es nula. Ello implica una actuación del Estado sobre el concesionario de transporte de gas natural (TGP) para una acción rápida de solución del problema.

Tabla 22

Variación porcentual del PBI por reducción de la producción de gas natural seco en 91.7%

| Capacidad de sustituir el bien | Moderada sustitución | Sustitución nula | Alta sustitución |
|--|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Indicadores | | | |
| macroeconómicos | Var. % | Var. % | Var. % |
| PBI | -53.58 | -80.4 | -7.09 |
| Importaciones reales | -53.67 | -89.3 | -6.47 |
| Exportaciones reales | -54.16 | -87.5 | -6.94 |
| Tasa de desempleo | 68.54 | 93.5 | 11.92 |
| Indicadores de bienestar^{1/} | | | |
| Hogares de altos ingresos | -41.67 | -66.3 | -6.16 |
| Hogares de ingresos medios | -45.3 | -68.9 | -6.17 |
| Hogares de bajos ingresos | -46.3 | -70.8 | -6.0 |

^{1/} El bienestar de las familias se mide, en términos de ingreso, a través del indicador *Variación Equivalente*, el cual mide el equivalente del cambio de utilidad derivado de un shock; es decir, la magnitud del cambio en el ingreso de una familia para que experimentara la misma variación de la utilidad en caso de no haber habido shock que modificara los precios de los bienes de consumo.

Fuente: GPAE – Osinergmin

Si se valoriza los impactos, tomando el PBI como base, en el año 2015 el PBI fue de 482 370 millones de soles. Sobre la base de este valor, se cuantifica los impactos de los diferentes escenarios. Para el primer escenario, la variación

del PBI por duración en la interrupción del transporte de gas natural es significativa por lo cual el Estado debe asegurar una rápida acción de parte del concesionario de transporte, TGP, a fin de restituir el servicio en el menor tiempo posible.

Según se observa en la Tabla 23, por cada día de interrupción en el transporte de gas natural seco se reduce el PBI en 708 millones de soles.

Tabla 23

Variación del PBI, en soles, por reducción de la producción de gas natural seco en 91.7%

| Capacidad de sustituir el bien | Moderada sustitución | Sustitución nula | Alta sustitución |
|--|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Indicadores macroeconómicos | Variación Millones S/ | | |
| PBI anual | 258 454 | 388 018 | 34 200 |
| Duración de la interrupción | | | |
| 1 día | 708 | 1 063 | 94 |
| 1 semana | 4 957 | 7 441 | 656 |
| 2 semanas | 9 913 | 14 883 | 1 312 |

Fuente: GPAE – Osinergmin

En el segundo escenario, se muestra la variación porcentual del PBI considerando una reducción de la producción de líquidos de gas natural en un 91,7%. Los resultados varían significativamente dependiendo de la existencia de un sustituto para los líquidos de gas natural, lo cual para nuestro caso sólo sería el petróleo. De acuerdo con la Tabla 24, una reducción en un 91.7 % en la producción de líquidos de gas natural gas reduciría el PBI en un 42.31% para una moderada sustitución.

Tabla 24

Variación porcentual del PBI por reducción de la producción de líquidos de gas natural en 91.7%

| Capacidad de sustituir el bien | Moderada sustitución | Sustitución nula | Alta sustitución |
|--|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Indicadores macroeconómicos | Var. % | Var. % | Var. % |
| PBI | -42.31 | -70.42 | -16.83 |
| Importaciones reales | -46.27 | -76.26 | -18.33 |
| Exportaciones reales | -46.00 | -75.55 | -18.38 |
| Tasa de desempleo | 49.86 | 78.37 | 22.95 |
| Indicadores de bienestar^{1/} | | | |
| Hogares de altos ingresos | -20.2 | -39.0 | -8.6 |
| Hogares de ingresos medios | -23.2 | -43.4 | -9.8 |
| Hogares de bajos ingresos | -23.4 | -43.9 | -9.4 |

Fuente: GPAE – Osinergmin

Como en el caso del primer escenario, si se valoriza los impactos en este escenario se puede observar que una restricción por una reducción en la producción de gas natural en los pozos o por rotura del poliducto de líquidos de gas natural debe ser atendida en el menor tiempo posible considerando la afectación significativa del PBI de 559 millones de soles diarios.

Tabla 23

Variación del PBI, en soles, por reducción de la producción de líquidos de gas natural en 91.7%

| Capacidad de sustituir el bien | Moderada sustitución | Sustitución nula | Alta sustitución |
|--|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Indicadores macroeconómicos | | Var. Millones S/ | |
| PBI | 204 091 | 339 696 | 81 183 |
| <i>Duración de la interrupción</i> | | | |
| 1 día | 559 | 931 | 222 |
| 1 semana | 3 914 | 6 515 | 1 557 |
| 2 semanas | 7 828 | 13 029 | 3 114 |

Fuente: GPAE – Osinergmin

Para el caso del tercer escenario, en el que se considera la reducción de la producción conjunta de GN y LGN en 91.7%, se presenta resultados con capacidad moderada de sustitución en la Tabla 24 en la que se observa una reducción del PBI en el orden del 57.08%.

Tabla 24

Variación porcentual del PBI por reducción de la producción de gas natural y líquidos de gas natural en 91.7%

| Capacidad de sustituir el bien | Moderada sustitución |
|---------------------------------------|---------------------------------|
| Indicadores | |
| macroeconómicos | Var. % |
| PBI | -57.08 |
| Importaciones reales | -56.86 |
| Exportaciones reales | -57.50 |
| Tasa de desempleo | 70.60 |
| Indicadores de bienestar | |
| Hogares de altos ingresos | -44.0 |
| Hogares de ingresos medios | -48.0 |
| Hogares de bajos ingresos | -48.4 |

Fuente: GPAE – Osinergmin

La valorización del PBI para un escenario en el que hay restricciones tanto en la producción de gas natural seco como en los líquidos de gas natural muestra la importancia de una atención rápida a los factores que impedirían una rápida acción de restitución del servicio. Es el caso que, por ejemplo, la debida atención a los requerimientos de las comunidades de las áreas de influencia de los ductos de gas natural y de líquidos de gas natural permite reducir los tiempos de acción de restitución y reparación sin llegar a conflictos sociales con estas comunidades.

Tabla 25

Variación del PBI, en soles, por reducción de la producción de gas natural seco y líquidos de gas natural en 91.7%, respectivamente, para un escenario de moderada sustitución.

| Capacidad de sustituir el bien | Gas Natural Seco | Líquidos de gas natural |
|---------------------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| Indicadores macroeconómicos | Var. Millones S/. | Var. Millones US\$ |
| PBI anual | 204 091 | 86 508 |
| <i>Duración de la interrupción</i> | | |
| 1 día | 754 | 237 |
| 1 semana | 5 280 | 1 659 |
| 2 semanas | 10 561 | 3 318 |

Fuente: GPAE – Osinergmin

6.3 Propuesta para la solución del problema

A fin de contribuir con un aporte a la solución del problema, se completa el estudio con un modelo de simulación elaborado mediante dinámica de sistemas utilizando el software Stella Architect (versión 1.4), metodología que permite modelar y obtener una proyección en el tiempo con la finalidad de observar el comportamiento del sistema ante diversos escenarios, lo cual puede apoyar la toma de decisiones para afrontar una posible situación de desabastecimiento de GLP.

Los atributos del diagrama causal mostrado en la figura 23, han sido considerados como variables de estado, tasas de cambio, variables auxiliares y parámetros del sistema.

En el modelo se ha desarrollado un ambiente de aprendizaje para la gestión del GLP, considerando la cadena de valor del caso peruano, desde la extracción del gas natural en Camisea, el procesamiento del gas natural hasta convertirse en GLP, considerando entonces su producción, separación, transporte, almacenamiento de GLP, distribución de GLP al centro y sur de Perú.

El enfoque de Dinámica de Sistemas tiene los siguientes considerandos:

1. Considera tasas para conectar un proceso previo de la cadena de valor con el siguiente.
2. Considera factores aleatorios a lo largo del tiempo de simulación, que afectan la cadena de valor, como por ejemplo eventos de riesgo que podrían ocurrir en el transporte (rotura del gasoducto) o el oleaje anómalo que impide la carga o descarga de las embarcaciones, lo que afecta los niveles de almacenamiento, transporte y distribución del GLP.

El comportamiento dinámico de las diversas etapas de la cadena de valor del GLP servirá para hacer posible un análisis de sensibilidad, cambiando el valor de variables de interés, y ver los escenarios que se generarían en el futuro, a consecuencia de dichos cambios.

La unidad de tiempo es mes; el modelo se ha proyectado a 120 meses (10 años).

A partir del diagrama causal mostrado en la figura 23, se ha elaborado el modelo bajo el enfoque de Dinámica de Sistemas, el cual se muestra en la figura 29.

Desde que la producción de GLP a partir de la refinación del petróleo tiene un bajo porcentaje, en el modelo de Dinámica de Sistemas se ha considerado que la producción de GLP se correlaciona básicamente con la cadena del gas natural.

El modelo tiene valores uniformes en reservas y producción de gas natural; en gas natural húmedo almacenado; gas natural seco transportado; mercado local; gas natural licuefactado producido; gas natural licuefactado almacenado;

gas natural licuefactado exportado; líquidos de gas natural transportado; GLP producido en Pisco; GLP transportado por tierra al sur; abastecimiento de GLP al sur; GLP transportado por mar y abastecimiento de GLP hacia el centro. Las unidades son barriles.

Además, el modelo considera tasas con unidades de barriles/mes o con valores adimensionales. El modelo no toma en cuenta las inversiones en exploración.

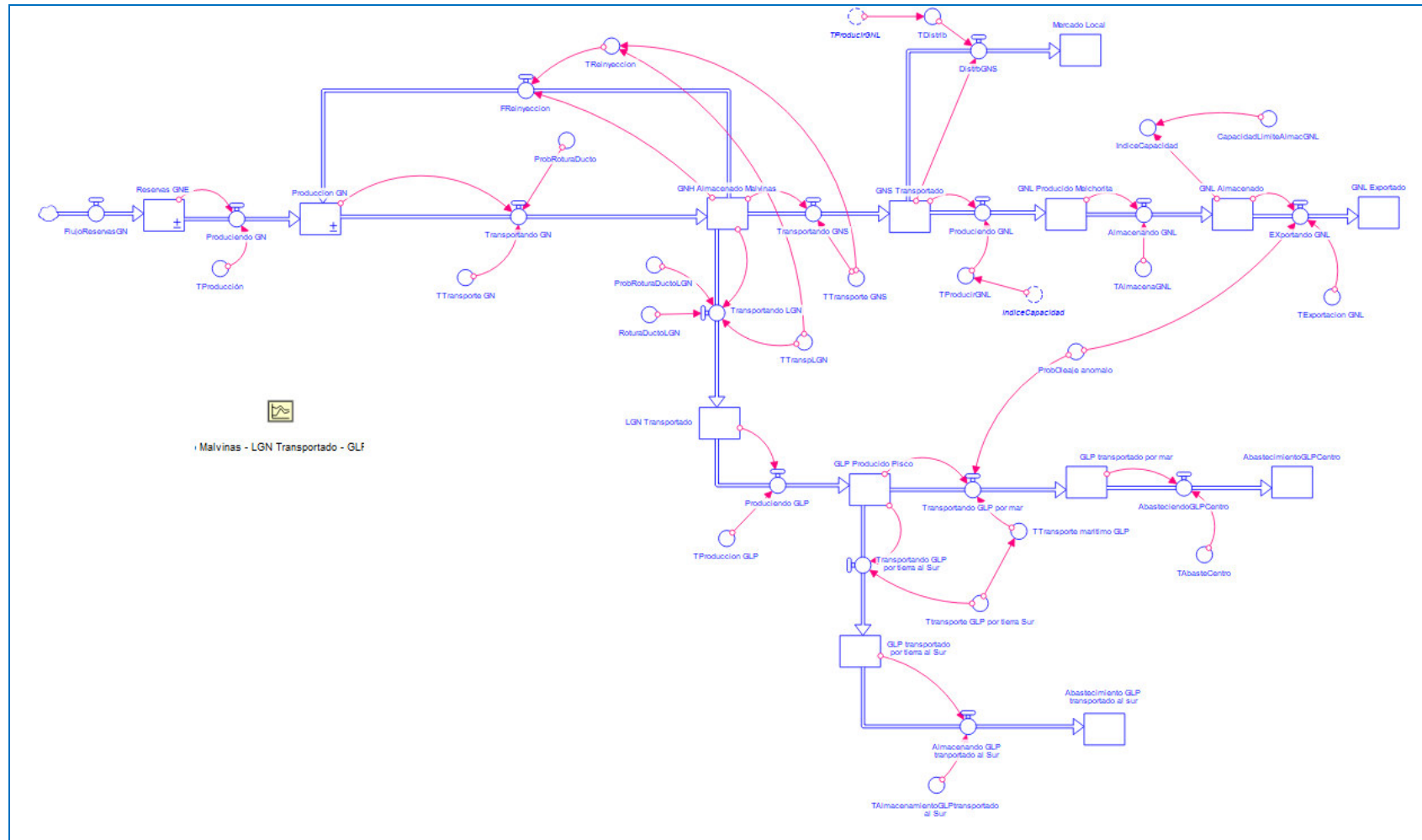


Figura 29. Modelo de Dinámica de Sistemas. Fuente: Elaboración propia

El comportamiento en el tiempo de tres de las variables de estado principales puede ser observado en la figura 30. La variable GNH Almacenado Malvinas corresponde al gas natural producido en los pozos de gas natural, procesado y separado en la Planta Malvinas. De la planta, salen tres corrientes: una de gas natural seco para distribución en Lima, la corriente de gas seco, no demandado, que se reinyecta al pozo y, la corriente de líquidos de gas natural que se transporta hacia la planta de fraccionamiento de Pisco para la producción de GLP.

La figura muestra que el procesamiento de gas natural húmedo (GNH Almacenado Malvinas) produce líquidos de gas natural (LGN transportado) y, por lo tanto, se producirá GLP en la planta de Pisco (GLP Producido). La curva descendente de la variable de estado GNH Almacenado Malvinas indica que, si no se actúa sobre la producción de gas natural, la producción de líquidos de gas natural y, en consecuencia, de GLP declinará en el tiempo.

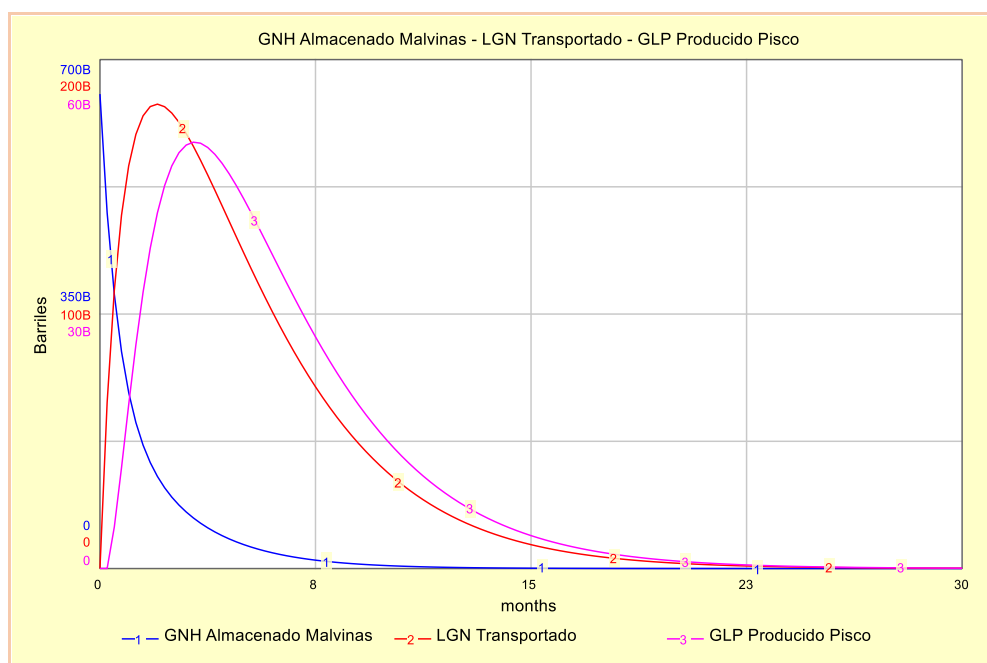


Figura 30. Variación en el tiempo de las variables GNH Almacenado Malvinas – LGN Transportado – GLP Producido Pisco. Fuente: Resultado de la corrida en Stella 1.4

Por lo tanto, las acciones que permitan establecer políticas que incentiven las inversiones en exploración y la confirmación de nuevos yacimientos de gas natural con el consiguiente incremento de las reservas, propiciarán el incremento de la producción de gas natural y, por tanto, de líquidos de gas natural con el subsecuente incremento en la producción de GLP.

6.4 Aportes de la investigación

La investigación contribuye a la literatura en los siguientes aspectos:

1. La data recolectada para el desarrollo de modelos de Análisis Multivariable, llámese Análisis Factorial o de Ecuaciones Estructurales, ha sido siempre a través de encuestas, cuestionarios o entrevistas. Sin embargo, en este estudio se ha utilizado datos reales siendo un aporte la verificación de que es posible utilizar datos reales en técnicas de análisis factorial. Las variaciones tendenciales de los datos reales guardan relación con relaciones de tipo causa – efecto y de correlación existente entre las variables analizadas.
2. La relación de tipo causa – efecto y de correlación existente entre las variables analizadas ha permitido demostrar que es posible aplicar las técnicas de análisis factorial en el estudio de la problemática del abastecimiento de combustibles y de seguridad de suministro de energía.
3. Los resultados obtenidos en la aplicación del análisis factorial de componentes principales y la determinación de las cargas factoriales permite identificar las variables que tienen mayor impacto o impacto significativo en el suministro de energía.

4. Los que toman decisiones en el Estado y en las empresas comercializadoras pueden tomar este conocimiento o extenderlo utilizando otras técnicas cuantitativas, para establecer acciones de seguimiento continuo y permanente, así como de acción preventiva oportuna de mitigación o tratamiento de los riesgos asociados a cada uno de los factores de mayor impacto o impacto significativo en las variables analizadas.
5. Este estudio puede inducir a otros investigadores a trabajar con data recolectada a través de encuestas, cuestionarios o entrevistas, con la finalidad de validar los resultados y, por tanto, el modelo obtenido.
6. Esta investigación puede ser ampliada al ámbito latinoamericano y corroborar si las mismas variables actúan de manera similar en zonas geográficas distintas.
7. La aplicación de la dinámica de sistemas puede ser ampliada en estudios futuros incorporando costos e inversiones en la cadena de valor y variando los escenarios.

CONCLUSIONES

Respecto del análisis factorial

1. El análisis factorial por extracción de componentes principales ha analizado la estructura de las interrelaciones entre ocho variables relacionadas al abastecimiento de GLP utilizando datos reales para cada una, encontrándose un ajuste satisfactorio a los supuestos del modelo.
2. Los componentes principales identificados que contienen las variables que guardan una mayor correlación, eliminando los factores de menor peso y con una menor correlación, son:

$$Y1 = 0.991X2 + 0.980X7 + 0.959X8 + 0.891X9 + 0.989X10 + 0.983X11$$

$$Y2 = 0.832X3 + 0.849X4$$

Finalmente,

$$\text{GLP}_{\text{Gas Natural}} = 0,991 \text{ Producción de LGN} + 0,980 \text{ Procesamiento de LGN} + 0,959 \text{ Capacidad de almacenamiento de GLP} + 0,891 \text{ Cierre de puertos} + 0,989 \text{ Producción de GLP} + 0,983 \text{ Demanda de GLP}$$

$$\text{GLP}_{\text{Petróleo}} = 0,832 \text{ Procesamiento de Petróleo} + 0,849 \text{ Importación de Petróleo}$$

Con estos resultados se comprueba que el factor que causa el mayor impacto en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, es la producción de líquidos de gas natural (LGN), X2.

3. De acuerdo con la conclusión anterior, se comprueba que seis variables de las cuales dos están relacionadas a los líquidos de gas natural; una, a las

condiciones climatológicas e indirectamente al transporte marítimo de GLP y tres, directamente al GLP, se encuentran en el componente principal Y1 y, por lo tanto, tienen mayor impacto en el abastecimiento de GLP.

4. Con los resultados de la aplicación del análisis factorial por extracción de componentes principales se ha logrado demostrar que las variables que causan el mayor impacto en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, son: la producción de líquidos de gas natural (LGN), el procesamiento de LGN, la capacidad de almacenamiento de GLP, el cierre de puertos, la producción de GLP y la demanda de GLP, como intuitivamente se observa de acuerdo con el comportamiento del mercado.
5. Se demuestra también que las variables que causan un menor impacto en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, se encuentran en el componente principal Y2 y corresponden al procesamiento e importación de petróleo.
6. Las variables, Producción de petróleo, Reservas de petróleo, Reservas de líquidos de gas natural, Importación de GLP e Inventarios de GLP, no tienen mayor significancia estadística por lo cual su impacto se considera poco significativo.
7. Se ha comprobado la bondad del modelo factorial dado que las diferencias entre la matriz de correlaciones inicial y la reproducida por el modelo, son próximos a cero en valor absoluto, lo cual es indicativo de un buen ajuste.

Respecto de las señales del mercado

8. A nivel de situación del mercado, las variables Reservas de Petróleo, Producción de Petróleo, Reservas de Líquidos de Gas Natural, Inventarios de GLP e Importación de GLP, han mostrado tener un menor nivel de influencia en el abastecimiento de GLP a nivel nacional.

9. Las variables, Procesamiento de Líquidos de Gas Natural; Producción de Gas Licuado de Petróleo (GLP); Capacidad de almacenamiento de GLP; Cierre de Puertos y Demanda de GLP, han mostrado tener un alto grado de correlación con el abastecimiento de GLP a nivel nacional; por tanto, cualquier perturbación que afecte a una de estas variables causará un gran impacto en el suministro de GLP.
10. Considerando que la producción de líquidos de gas natural es el factor que causa el mayor impacto en el abastecimiento de GLP, las políticas sectoriales deben orientarse a garantizar esta producción incentivando las inversiones en las actividades de exploración para el descubrimiento de yacimientos de gas natural condensado.
11. La aplicación de la dinámica de sistemas genera escenarios y simulaciones que pueden contribuir a la toma de decisiones y acciones para la seguridad de suministro de GLP.

RECOMENDACIONES

1. Con las variables relacionadas identificadas se recomienda realizar un análisis factorial confirmatorio (AFC) o un modelamiento de ecuaciones estructurales (Exploratory Structural Equation Modeling, ESEM), con la finalidad de probar que el modelo factorial por componentes principales que se propone se ajusta adecuadamente a los datos reales utilizados.
2. Asimismo, la gran complejidad de relaciones existentes entre los eventos y riesgos que se presentan y que interactúan en la problemática abordada, requiere un análisis más detallado y profundo que puede realizarse en un proyecto de investigación posterior, tomando en cuenta, además, las inversiones.
3. Queda para estudios posteriores, ampliar la investigación mediante consulta a través de cuestionarios preparados para todos los grupos de interés intervinientes en la problemática identificada. Ello permitirá corroborar los resultados obtenidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abraham, S. (2004). La Política Energética Nacional de Estados Unidos y la Seguridad Energética Mundial. Desafíos de la Seguridad Energética. En *Perspectivas Económicas*. Periódico electrónico del Departamento de Estado de Estados Unidos. Mayo 2004. Volumen 9. Número 2. Pp 6-9. Recuperado de <http://usinfo.state.gov/journals/journals.htm>
2. Amésquita, F. y Canelo, J. (2011). *Problemática del Mercado de GLP en el Perú. Documento de Trabajo*. División de Planeamiento y Desarrollo. Gerencia de Fiscalización de Hidrocarburos Líquidos. Osinergmin.
3. Araya, C. (2013). Modelos de proyección de consumo de corto y largo plazo de los combustibles afectos al impuesto específico de la ley 18.502. *MSC Management Science Consulting*. Comisión Nacional de Energía.
4. Arcade, J., Godet, S. M., Meunier, F. y Roubelat, F. (2004). Análisis estructural con el método MICMAC y Estrategia de los actores con el método MACTOR. *Metodología de Investigación de Futuros*. Laboratorio de Investigación en Prospectiva y Estrategia (LIPS). Paris. Recuperado de [http://saludpublicavirtual.udea.edu.co/cvsp/politicaspUBLICAS/godet analisis estructural.pdf](http://saludpublicavirtual.udea.edu.co/cvsp/politicaspUBLICAS/godet_analisis_estructural.pdf)
5. Arias, B. (2008). *Desarrollo de un ejemplo de análisis factorial confirmatorio con LISREL, AMOS y SAS*. Seminario de Actualización en Investigación sobre Discapacidad SAID. Universidad de Valladolid. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/291049835 Desarrollo de un ejemplo de analisis factorial confirmatorio con LISREL AMOS y SAS](https://www.researchgate.net/publication/291049835_Desarrollo_de_un_ejemplo_de_analisis_factorial_confirmatorio_con_LISREL_AMOS_y_SAS)
6. Berrah, N., Feng, F., Priddle, R. y Wang, L. (2007). *Sustainable energy in China: The closing window of opportunity*, pp. 273. Washington, DC,

International Bank for Reconstruction and Development, The World Bank.
ISBN-13: 978-0-8213-6754-4 (electronic)

7. Blunch, N. J. (2008). *Introduction to Structural Equation Modelling Using SPSS and AMOS*. Nueva Delhi. India. SAGE Publications India Pvt. Ltd. ISBN: 978-1-4129-4556-1. ISBN: 978-1-4129-4557-8 (pbk)

8. British Petroleum. *Statistical Review of World Energy*. June 2016.

9. Buzan, Barry (2009). *People, States & Fear: An Agenda for International Security Studies in the Post-Cold War Era*. European Consortium for Political Research Press. ISBN 978-0-9552488-1-8

10. Casado, J. P. (2011). Estructuras Orgánicas y Orientación al Mercado: Una aproximación a la cultura organizativa del mercado minorista del gas y la electricidad. *Servicio de Publicaciones de la Universidad de Málaga*.

11. Centro de Control SCOP. Gerencia de Fiscalización de Hidrocarburos Líquidos. Osinergmin. Reporte diario de producción y despacho de GLP.

12. Checchi, A., Behrens, A.& Egenhofer, C. (2009). Long-term energy security risks for Europe: A sector-specific approach. *Centre For European Policy Studies. CEPS. Working Document*. 309, 52. ISBN 978-92-9079-849-1. Recuperado de <http://aei.pitt.edu/10759/1/1785.pdf>

13. Centro de Control SCOP. Gerencia de Fiscalización de Hidrocarburos Líquidos. Osinergmin (2015). *Reporte diario de producción y despacho de GLP*.

14. Centro de Modelamiento Matemático. Centro de Energía. Universidad de Chile. Informe Final. Tema 4 (2010). *Desarrollo conceptual sobre la*

recuperación eficiente de costos de Proyectos de Stock de Seguridad.
Junio 2010

15. Conesa, P. y Egea, P. (2000). Operativización de variables en la investigación psicológica. En *Psicothema*. Vol. 12, Supl. N° 2, pp. 157-162. Madrid. ISSN 0214 – 9915. CODEN PSOTEG.

16. Consenso de Guayaquil sobre Integración, Seguridad e Infraestructura para el Desarrollo. Recuperado de
http://www.comunidadandina.org/documentos/dec_int/Consenso_guayaquil.htm

17. Cuadras, C. M. (2018). *Nuevos métodos de Análisis Multivariante*. Pp. 305. CMC Editions. Barcelona. España. Recuperado de
<http://www.ub.edu/stat/personal/cuadras/cuad2.html>

18. Dale, S. (2016). Energy in 2015: A year of plenty. June 2016. *BP Statistical Review of World Energy 2016*.

19. De la Fuente, S. (2011). Componentes Principales. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad Autónoma de Madrid. Recuperado de
<http://www.fuenterrebollo.com/Economicas/ECONOMETRIA/MULTIVARIANTE/ACP/ACP.pdf>

20. Dirección General de Eficiencia Energética. Ministerio de Energía y Minas. Plan Energético Nacional 2014-2025 (2014). *Resumen Ejecutivo. Documento de Trabajo*. Noviembre 2014.

21. Dirección Nacional de Bibliotecas INACAP. 2015. *Guía para citar textos y referencias bibliográficas según Norma de la American Psychological Association (APA)*. 6° edición.

22. División Planeamiento y Desarrollo. Gerencia de Fiscalización de Hidrocarburos Líquidos. Osinergmin (2015). *Informe situacional de la comercialización del Gas Licuado de Petróleo (GLP) en el Perú*.
23. Escribano, G. (2006). *Seguridad energética: concepto, escenarios e implicaciones para España y la UE. Documento de Trabajo (DT) 33/2006*. Área: Economía y Comercio Internacional- Real Instituto Elcano de Estudios Internacionales y Estratégicos. Recuperado de <http://www.relainstitutoelcano.org>. 07/12/2015.
24. Fernández, A. (2015). *Diferencias entre el análisis factorial exploratorio y confirmatorio: una ilustración para un modelo de medición del rendimiento académico en lectura con datos de pisa 2009*. Recuperado de https://www.academia.edu/Documents/in/Analisis_Factorial_Confirmatorio_Amos.
25. Field, A. (2009) *Discovering Statistics Using SPSS. Third Edition*. Nueva Delhi. India. SAGE Publications India Pvt. Ltd. ISBN: 978-1-84787-906-6. ISBN: 978-1-84787-907-3.
26. Financial Times (2007). *Special report: Energy*, 9. Noviembre 2007.
27. Programa de compensación social y promoción para el acceso al GLP. Fondo de Inclusión Social Energético. Osinergmin. Recuperado de <http://www.fise.gob.pe/que-es-fise.html>.
28. Francos, M. (2006) *Estimación de la demanda de combustibles en República Dominicana. Texto de Discusión N° 6*. Secretariado Técnico de la Presidencia. Programa de Reforma del Poder Ejecutivo. Unidad de Análisis Económico.

29. Ganzo, A. (2004). Análisis de Componentes Principales. En *Introducción al Análisis Multivariante*. IN 540. Métodos Estadísticos para Economía y Gestión. Recuperado de <https://www.scribd.com/document/327936944/Apunte-ACP-Uchile>

30. Garza, B. y Cortez, D. (2011) El uso del método MICMAC y MACTOR análisis prospectivo en un área operativa para la búsqueda de la excelencia operativa a través del Lean Manufacturing. *InnOvacíOnes de NegOciOs* 8(16): 335-356, 2011. © 2011 UANL, Impreso en México. ISSN: 2007-1191.

31. Gerencia de Fiscalización de Gas Natural y Gerencia de Fiscalización de Electricidad. Osinergmin (2011). *Informe de evaluación de impactos por restricciones en el suministro de gas natural*. Julio 2011.

32. Gerencia de Fiscalización de Gas Natural. Osinergmin (2015) *Informe sobre producción y demanda de GLP*. Abril 2015

33. Hair J. F., Anderson, R. E., Tatham R. L. y Black W. C. (2008) *Análisis Multivariante*. Quinta Edición. Pearson. Prentice Hall. España. ISBN: 978-84-8322-035-1. ISBN: 0-13-930587-4

34. Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. Quinta Edición. Mc. Graw-Hill. Educación. México.

35. IEA (1985): *Energy technology policy*, pp. 123. Paris, International Energy Agency, Organisation for Economic Cooperation and Development.

36. IEA (2001): *Toward a sustainable energy future*, pp. 254. Paris, International Energy Agency & Organisation for Economic Cooperation and Development.

37. IEA (2007a): *Energy security and climate policy: Assessing interactions*, pp. 145. Paris, International Energy Agency & Organisation for Economic Cooperation and Development.

38. Isbell, P. (2006). Asia y el desafío de la seguridad energética. Documento de Trabajo (DT) 17/2006. *Real Instituto Elcano de Estudios Internacionales y Estratégicos*. Recuperado de <http://www.relainstitutoelcano.org>. 07/12/2015. 5:07 pm

39. Kong Chyong Chi, Nuttal, W. J. y Reiner, D. M. (2008). Dynamics of the UK natural gas industry: System dynamics modelling and long-term energy policy análisis. En *Technological Forecasting & Social Change* 76 (2009) 339–357. Elsevier.

40. Kruyt, B., van Vuuren, D. P., de Vries, H. J. M & Groenenberg, H. (2009). Indicators for energy security. En *Energy Policy* 37(6), 2166-2181. Elsevier. Recuperado de <http://www.pbl.nl/en/publications/2009/Indicators-for-energy-security>

41. Löschel, A., Johnston, J., Delucchi, M. A., Demayo, T. N., Gautier, D. L., Greene, D. L., Ogden, J., Rayner, S. & Worrell, E. (2010). Stocks, Flows, and Prospects of Energy. En *The Strüngmann Forum Report, Linkages of Sustainability*. Editado por Thomas E. Graedel and Ester van der Voet. 2010. MIT Press. ISBN: 0-262-01358-4. Recuperado de http://cta.ornl.gov/cta/Publications/Reports/Stocks_Flows_and_Prospects_of_Energy.pdf

42. Lloret-Segura, S., Ferreres-Traver, A., Hernández-Baeza, A. y Tomás-Marco, I. (2014). El análisis factorial exploratorio de los variables: una guía práctica, revisada y actualizada. En *Anales de psicología*. 30(3), 1151-1169. ISSN edición impresa: 0212-9728. ISSN edición web

(<http://revistas.um.es/analesps>): 1695-2294. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.6018/analesps.30.3.199361>

43. Marín, J. M., San Martín, E. y Serrano, S. (2012). *Factores clave de la seguridad del suministro energético. Grupo de Investigación Consolidado "Economía Política Internacional" (UNED). Cuadernos de Energía N° 35.* Junio 2012.

44. Medina, J. y Ortégón, E. (2006). Manual de prospectiva y decisión estratégica: bases teóricas e instrumentos para América Latina y el Caribe. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES), Santiago de Chile. *Publicación de las Naciones Unidas.* ISSN electrónico 1680-8878.

45. Ministerio de Energía y Minas. *Anuario Estadístico de Hidrocarburos 2000. Actividades de Refinación.* Recuperado de <http://www.minem.gob.pe/publicaSector.php?idSector=5>

46. Ministerio de Energía y Minas. *Anuario Estadístico de Hidrocarburos 2001. Actividades de Refinación.* Recuperado de <http://www.minem.gob.pe/publicaSector.php?idSector=5>

47. Ministerio de Energía y Minas. *Anuario Estadístico de Hidrocarburos 2002. Actividades de Refinación.* Recuperado de <http://www.minem.gob.pe/publicaSector.php?idSector=5>

48. Ministerio de Energía y Minas. *Anuario Estadístico de Hidrocarburos 2003. Actividades de Refinación.* Recuperado de <http://www.minem.gob.pe/publicaSector.php?idSector=5>

49. Ministerio de Energía y Minas. *Anuario Estadístico de Hidrocarburos 2004. Actividades de Refinación.* Recuperado de

<http://www.minem.gob.pe/publicaSector.php?idSector=5>

50. Ministerio de Energía y Minas. *Anuario Estadístico de Hidrocarburos 2005. Actividades de Refinación*. Recuperado de <http://www.minem.gob.pe/publicaSector.php?idSector=5>
51. Ministerio de Energía y Minas. *Anuario Estadístico de Hidrocarburos 2006. Actividades de Refinación*. Recuperado de <http://www.minem.gob.pe/publicaSector.php?idSector=5>
52. Ministerio de Energía y Minas. *Anuario Estadístico de Hidrocarburos 2007. Actividades de Refinación*. Recuperado de <http://www.minem.gob.pe/publicaSector.php?idSector=5>
53. Ministerio de Energía y Minas. *Anuario Estadístico de Hidrocarburos 2008. Actividades de Refinación*. Disponible en <http://www.minem.gob.pe/publicaSector.php?idSector=5>
54. Ministerio de Energía y Minas. *Anuario Estadístico de Hidrocarburos 2009. Actividades de Refinación*. Recuperado de <http://www.minem.gob.pe/publicaSector.php?idSector=5>
55. Ministerio de Energía y Minas. *Anuario Estadístico de Hidrocarburos 2010. Actividades de Refinación*. Recuperado de <http://www.minem.gob.pe/publicaSector.php?idSector=5>
56. Ministerio de Energía y Minas. *Anuario Estadístico de Hidrocarburos 2011. Actividades de Refinación*. Recuperado de <http://www.minem.gob.pe/publicaSector.php?idSector=5>

57. Ministerio de Energía y Minas. *Anuario Estadístico de Hidrocarburos 2012. Actividades de Refinación*. Recuperado de <http://www.minem.gob.pe/publicaSector.php?idSector=5>
58. Ministerio de Energía y Minas. *Anuario Estadístico de Hidrocarburos 2013. Actividades de Refinación*. Recuperado de <http://www.minem.gob.pe/publicaSector.php?idSector=5>
59. Ministerio de Energía y Minas. *Anuario Estadístico de Hidrocarburos 2014. Actividades de Refinación*. Recuperado de <http://www.minem.gob.pe/publicaSector.php?idSector=5>
60. Ministerio de Energía y Minas. *Anuario Estadístico de Hidrocarburos 2015. Actividades de Refinación*. Recuperado de <http://www.minem.gob.pe/publicaSector.php?idSector=5>
61. Muñoz, B. (2012). *Turquía y la Seguridad Energética de la Unión Europea*. (Tesis doctoral). Departamento de Economía Aplicada. Facultad de Ciencia Económicas y Empresariales. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Madrid, España.
62. Nye, David E. (2003) *America as Second Creation: Technology and Narratives of New Beginnings*. Massachusetts Institute of Technology. ISBN 0-262-14081-0
63. Oficina de Estudios Económicos. Osinergmin (2004). *La informalidad y sus manifestaciones en la comercialización de combustibles líquidos en el Perú. Documento de Trabajo N° 15*. Diciembre 2004.
64. Oficina de Estudios Económicos. Osinergmin (2006). *La organización económica de la industria de hidrocarburos en el Perú: La*

comercialización del GLP envasado. Documento de Trabajo N° 21.
Agosto 2006

65. Oficina de Estudios Económicos. Osinergmin (2012) *El aporte de Osinergmin a la investigación sobre la problemática del sector energético y minero.* Marzo 2012

66. Oficina de Estudios Económicos. Osinergmin (2012). *Reporte de Análisis Económico Sectorial. Sector Hidrocarburos.* Julio 2012

67. Perupetro. Estadística Petrolera 2015. Documento de Trabajo N° 21. Recuperado de <http://www.perupetro.com.pe/wps/wcm/connect/Perupetro/site/Informacion%20Relevante/Estadisticas/Estadistica%20Petrolera>

68. Pradilla, M. A., Popayán, A. E. y Peña, C. (2013). *Cadena del Gas Licuado de Petróleo 2013.* Unidad de Planeación Minero-energética. Ministerio de Minas y Energía. Colombia.

69. Problemática del mercado de Gas Licuado de Petróleo. División de Planeamiento y Desarrollo. Gerencia de Fiscalización de Hidrocarburos Líquidos. Osinergmin. 2011.

70. Redacción Gestión. (2014, 17 junio). MEM instalará un millón de cocinas GLP a familias de escasos recursos en el 2014. (Publicación electrónica). *Gestión*. Recuperado de <https://gestion.pe/economia/mem-instalara-millon-cocinas-glp-familias-escasos-recursos-2014-63228>

71. Restrepo, C.A. (2009). Aproximación a la Teoría de Juegos. En *Revista Ciencias Estratégicas*. 17(22). P. 157-175. Medellín. Colombia. ISSN: 1794-8347

72. Rincón, L. D. (2014). Estudio descriptivo y exploratorio sobre la orientación al mercado en un sector regulado. Universidad Nacional de Colombia.
73. Rodríguez, R. (2016). Informe de Consultoría “Marco Metodológico de Gestión de Riesgos Sectoriales y del Mercado Energético”. Gerencia de Fiscalización de Hidrocarburos Líquidos. Osinergmin.
74. Ruiz, M. A., Pardo, A. y San Martín, R. (2010) Modelos de ecuaciones estructurales. En *Papeles del psicólogo*. Enero, número 1 Vol – 31, 2010. ISSN 0214 – 7823. Facultad de Psicología. Universidad Autónoma de Madrid.
75. Salla, J. M., Fernandez, V., Simo, P., Lordan, O. y Gonzáles-Prieto, D. (2012). *Análisis de modelos de ecuaciones estructurales mediante el paquete Lavaan*. 6th International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management. XVI Congreso de Ingeniería de Organización. Vigo, July 18-20
76. Salvador, M. (2000). Introducción al Análisis Multivariante, en 5campus.com, Estadística <http://www.5campus.com/leccion/anamul>, Consulta 01 de marzo de 2018.
77. Secretaria de Estado de Industria y Comercio. Reglamento. Ley Hidrocarburos N° 112-00. Decreto Núm: 307-01. República Dominicana
78. Simmons, P. E. (2008). Los desafíos de la seguridad energética mundial. En *Documentos*. Estudios Internacionales 160 (2008). Universidad de Chile
79. Stanislaw, J. A. (2004). Competencia o Cooperación en el Sector de la Energía: El Cambio de Paradigma. Desafíos de la Seguridad Energética. En *Perspectivas Económicas*. Periódico electrónico del Departamento de

Estado de Estados Unidos. Mayo 2004. Volumen 9. Número 2. Pp 19-23.
Recuperado de <http://usinfo.state.gov/journals/journals.htm>

80. Suárez, A. (2013). Sustentabilidad empresarial, seguridad energética y ética ambiental en Chile. En *Acta bioethica*, 19(2), 199-208. Recuperado de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-569X2013000200004&lng=es&tlng=es.
81. U.S. Energy Information Administration. *Annual Energy Outlook 1985 with Projections to 1995*. February 1986. DOE/EIA-0383(85).
82. U.S. Energy Information Administration. *Assumptions to the Annual Energy Outlook 2001 with Projections to 2020*. December 2000. DOE/EIA-00554 (2001).
83. U.S. Energy Information Administration. *Annual Energy Outlook 2007 with Projections to 2030*. February 2007. DOE/EIA-0383 (2007).
84. U.S. Energy Information Administration. *Annual Energy Outlook 2010 with Projections to 2035*. April 2010. DOE/EIA-0383 (2010).
85. U.S. Energy Supply Security. *Emergency Response of IEA Countries 2014*. International Energy Agency. OECD. IEA
86. U.S. Energy Information Administration. *Annual Energy Outlook 2015 with Projections to 2040*. April 2015. DOE/EIA-0383 (2015).
87. Van de Wyngard, H. (2006). Seguridad energética en Chile: dilemas, oportunidades y peligros. En *Temas de la Agenda Pública*. Pontificia Universidad Católica de Chile. Vicerrectoría de Comunicaciones y Asuntos Públicos. Dirección de Asuntos Públicos. Año 1. N° 4. Noviembre 2006. Chile.

88. Vázquez, A. y De la Cruz, R. (2012). Perfil del Consumo de gas licuado de petróleo (GLP) en el Perú. En *Reporte de Análisis Económico Sectorial. Sector Hidrocarburos*. Año 1. N° 1 – julio 2012. Oficina de Estudios Económicos. Osinergmin.

ANEXOS

A. Tabla 1

Datos de las variables que constituyen los factores de cambio, en archivo Excel

| | X1 PRODPET | X2 PRODLGN | X3 PROCPET | X4 IMPPET | X5 RESPET | X6 RESLGN | X7 PROCLGN | X8 CAPGLP | X9 CIERRE | X10 PRODGLP | X11 DEMGLP | X12 IMPGLP | X13 INVGLP |
|------|------------------------------------|--|-----------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------|--|----------------------|----------------------|-------------------|-----------------------|----------------------|
| Año | Producción de Petróleo Crudo | Producción de Líquidos de Gas Natural | Petróleo procesado | Importación de petróleo | Reservas de petróleo crudo | Reservas de LGN | LGN procesado | Capacidad almacenamiento plantas GLP | Cierre de puertos | Producción de GLP | Demanda de GLP | Importación de GLP | Inventario de GLP |
| 2000 | 34,891,410 | 1,421,894 | 52,512,700 | 22,323,400 | 5,580,394,000 | 1,398,112,000 | 1,657,800 | 430,200 | 103.00 | 3,130,200 | 4,959,810 | 1,981,300 | 6,714,900 |
| 2001 | 33,993,333 | 1,447,134 | 55,722,900 | 27,054,700 | 5,880,316,000 | 1,381,732,000 | 1,698,200 | 430,200 | 109.00 | 2,945,300 | 5,146,730 | 2,375,000 | 6,949,000 |
| 2002 | 33,862,336 | 1,493,505 | 54,277,800 | 26,934,900 | 5,847,253,000 | 1,381,934,000 | 1,707,300 | 430,200 | 112.88 | 3,082,100 | 5,860,320 | 2,862,100 | 7,912,400 |
| 2003 | 31,872,616 | 1,469,981 | 52,106,500 | 30,431,200 | 5,819,849,000 | 1,380,157,000 | 1,672,400 | 430,200 | 128.60 | 3,064,800 | 6,404,260 | 3,492,100 | 8,646,800 |
| 2004 | 29,243,429 | 5,204,582 | 52,891,100 | 30,307,500 | 5,864,143,000 | 1,412,509,000 | 1,913,700 | 730,900 | 233.88 | 4,686,700 | 6,691,340 | 2,748,400 | 56,693,900 |
| 2005 | 27,540,851 | 13,081,727 | 58,436,800 | 34,989,800 | 6,239,066,000 | 1,373,760,000 | 13,384,600 | 730,900 | 175.75 | 8,779,800 | 7,810,270 | 735,800 | 91,460,200 |
| 2006 | 28,314,291 | 13,872,871 | 55,247,000 | 36,944,000 | 6,425,432,000 | 1,359,886,000 | 14,640,000 | 730,900 | 219.97 | 9,240,700 | 8,614,480 | 91,400 | 125,206,600 |
| 2007 | 28,146,437 | 13,415,774 | 58,005,600 | 40,239,100 | 6,015,527,000 | 1,352,470,000 | 14,390,500 | 730,900 | 178.25 | 9,280,200 | 9,652,990 | 1,018,600 | 131,854,900 |
| 2008 | 28,027,081 | 15,903,295 | 55,949,300 | 35,477,200 | 5,810,981,000 | 1,336,568,000 | 16,670,800 | 913,700 | 172.50 | 10,560,800 | 11,107,150 | 1,409,800 | 128,127,300 |
| 2009 | 25,926,862 | 27,100,166 | 55,615,800 | 36,328,100 | 6,129,400,000 | 3,939,724,000 | 27,550,400 | 913,700 | 158.24 | 15,338,300 | 11,924,510 | 0 | 174,620,400 |
| 2010 | 26,531,261 | 30,831,711 | 54,996,200 | 34,741,500 | 6,252,149,000 | 4,026,990,000 | 30,963,000 | 913,700 | 539.03 | 17,118,900 | 13,258,280 | 0 | 215,283,400 |
| 2011 | 25,386,804 | 30,354,379 | 53,224,300 | 34,341,300 | 5,828,612,000 | 4,065,166,000 | 30,485,000 | 913,700 | 584.78 | 16,730,900 | 14,789,980 | 100 | 177,967,600 |
| 2012 | 24,395,576 | 31,595,725 | 53,196,000 | 33,065,200 | 6,053,470,000 | 5,697,388,000 | 31,960,700 | 913,700 | 508.21 | 18,045,700 | 16,203,380 | 0 | 173,430,800 |
| 2013 | 22,956,028 | 38,187,068 | 47,937,100 | 30,991,900 | 6,004,596,000 | 5,596,399,000 | 37,982,200 | 1,199,600 | 403.00 | 20,900,900 | 17,959,600 | 0 | 219,531,700 |
| 2014 | 25,295,795 | 37,750,846 | 49,493,900 | 30,453,840 | 7,496,720,000 | 4,601,803,000 | 36,366,200 | 1,199,600 | 475.00 | 20,311,400 | 18,242,600 | 24,700 | 231,746,700 |
| 2015 | 21,172,853 | 33,359,964 | 51,942,300 | 32,330,600 | 11,538,409,000 | 3,839,241,000 | 31,637,700 | 1,199,600 | 497.00 | 18,587,000 | 18,869,000 | 1,119,000 | 358,430,000 |
| 2016 | 14,773,000 | 34,672,000 | 52,525,800 | 37,950,900 | 16,240,000,000 | 2,717,500,000 | 31,961,600 | 1,199,600 | 602.40 | 18,426,400 | 20,076,000 | 2,251,000 | 263,703,000 |

Fuente: Elaboración propia

A. Tabla 2

Vista de fichero de datos del programa SPSS versión 23

Datos29JUL18.sav [ConjuntoDatos1] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Marketing directo Gráficos Utilidades Ventana Ayuda

Visible: 23 de 23 variables

| | PRODPET | PRODLGN | PROCPET | IMPPET | RESPET | RESLGN | PROCLGN | CAPGLP | CIERRE | PRODGLP | DEMGLP | IMPGLP | INVGLP | PROLGN | PROPET | EXIGLP | ABASGLP |
|----|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|------------|--------|-------------|-------------|------------|-------------|--------|--------|--------|---------|
| 1 | 34891410,00 | 1421894,00 | 52512700,00 | 22323400,00 | 5580394000 | 1398112000 | 1657800,00 | 430200,00 | 103,00 | 3130200,00 | 4959810,00 | 1981300,00 | 6714900,00 | - | - | - | - |
| 2 | 33993333,00 | 1447134,00 | 55722900,00 | 27054700,00 | 5880316000 | 1381732000 | 1698200,00 | 430200,00 | 109,00 | 2945300,00 | 5146730,00 | 2375000,00 | 6949000,00 | - | - | - | - |
| 3 | 33862336,00 | 1493505,00 | 54277800,00 | 26934900,00 | 5847253000 | 1381934000 | 1707300,00 | 430200,00 | 112,88 | 3082100,00 | 5860320,00 | 2862100,00 | 7912400,00 | - | - | - | - |
| 4 | 31872616,00 | 1469981,00 | 52106500,00 | 30431200,00 | 5819849000 | 1380157000 | 1672400,00 | 430200,00 | 128,60 | 3064800,00 | 6404260,00 | 3492100,00 | 8646800,00 | - | - | - | - |
| 5 | 29243429,00 | 5204582,00 | 52891100,00 | 30307500,00 | 5864143000 | 1412509000 | 1913700,00 | 730900,00 | 233,88 | 4686700,00 | 6691340,00 | 2748400,00 | 56693900,00 | - | - | - | - |
| 6 | 27540851,00 | 13081727,00 | 58436800,00 | 34989800,00 | 6239066000 | 1373760000 | 13384600,00 | 730900,00 | 175,75 | 8779800,00 | 7810270,00 | 735800,00 | 91460200,00 | - | - | - | - |
| 7 | 28314291,00 | 13872871,00 | 55247000,00 | 36944000,00 | 6425432000 | 1359886000 | 14640000,00 | 730900,00 | 219,97 | 9240700,00 | 8614480,00 | 91400,00 | 125206600,0 | - | - | - | - |
| 8 | 28146437,00 | 13415774,00 | 58005600,00 | 40239100,00 | 6015527000 | 1352470000 | 14390500,00 | 730900,00 | 178,25 | 9280200,00 | 9652990,00 | 1018600,00 | 131854900,0 | - | - | - | - |
| 9 | 28027081,00 | 15903295,00 | 55949300,00 | 35477200,00 | 5810981000 | 1336568000 | 16670800,00 | 913700,00 | 172,50 | 10560800,00 | 11107150,00 | 1409800,00 | 128127300,0 | - | - | - | - |
| 10 | 25926862,00 | 27100166,00 | 55615800,00 | 36328100,00 | 6129400000 | 3939724000 | 27550400,00 | 913700,00 | 158,24 | 15338300,00 | 11924510,00 | ,00 | 174620400,0 | - | - | - | - |
| 11 | 26531261,00 | 30831711,00 | 54996200,00 | 34741500,00 | 6252149000 | 4026990000 | 30963000,00 | 913700,00 | 539,03 | 17118900,00 | 13258280,00 | ,00 | 215283400,0 | - | - | - | - |
| 12 | 25386804,00 | 30354379,00 | 53224300,00 | 34341300,00 | 5828612000 | 4065166000 | 30485000,00 | 913700,00 | 584,78 | 16730900,00 | 14789980,00 | 100,00 | 177967600,0 | - | - | - | - |
| 13 | 24395576,00 | 31595725,00 | 53196000,00 | 33065200,00 | 6053470000 | 5697388000 | 31960700,00 | 913700,00 | 508,21 | 18045700,00 | 16203380,00 | ,00 | 173430800,0 | - | - | - | - |
| 14 | 22956028,00 | 38187068,00 | 47937100,00 | 30991900,00 | 6004596000 | 5596399000 | 37982200,00 | 1199600,00 | 403,00 | 20900900,00 | 17959600,00 | ,00 | 219531700,0 | - | - | - | - |
| 15 | 25295795,00 | 37750846,00 | 49493900,00 | 30453840,00 | 7496720000 | 4601803000 | 36366200,00 | 1199600,00 | 475,00 | 20311400,00 | 18242600,00 | 24700,00 | 231746700,0 | - | - | - | - |
| 16 | 21172853,00 | 33359964,00 | 51942300,00 | 32330600,00 | 11538409000 | 3839241000 | 31637700,00 | 1199600,00 | 497,00 | 18587000,00 | 18869000,00 | 1119000,00 | 358430000,0 | - | - | - | - |
| 17 | 14773000,00 | 34672000,00 | 52525800,00 | 37950900,00 | 16240000000 | 2717500000 | 31961600,00 | 1199600,00 | 602,40 | 18426400,00 | 20076000,00 | 2251000,00 | 263703000,0 | - | - | - | - |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Vista de datos Vista de variables

IBM SPSS Statistics Processor está listo Unicode:ON

21:02 20/06/2019

Fuente: Elaboración propia

Variables para las simulaciones en Dinámica de Sistemas

| Variable, Tasa o Parámetro | Valor | Unidades |
|-----------------------------------|---|-----------------|
| FlujoReservasGN | MEAN(12700, 15000, 15400, 14630, 14090, 16100) | Barriles/mes |
| Reservas _GN | 7,001,548,059 | Barriles |
| Produciendo _GN | Reservas _GN*Tproducción | Barriles/mes |
| Tproducción | 0.75 | Adimensional |
| Producción | 2,266,323 | Barriles |
| Transportando GN | IF(ProbRoturaDucto>=0.95) THEN STEP(0, 0.25) ELSE Produccion_GN*Ttransporte_GN | Barriles/mes |
| TTransporte GN | 0.8 | Adimensional |
| ProbRoturaDucto | NORMAL(0.5, 0.15, 0.2) | Adimensional |
| Freinyeccion | GNH_Almacenado_Malvinas*Treinyeccion | Barriles/mes |
| Treinyección | 0.3 | Adimensional |
| GNH Almacenado Malvinas | 652,539,700,000 | Barriles |
| Transportando LGN | IF(ProbRoturaDuctoLGN>0.95) THEN RoturaDuctoLGN ELSE GNH_Almacenado_Malvinas*TTranspLGN | Barriles/mes |
| ProbRoturaDuctoLGN | NORMAL(0.5, 0.15, 0.2) | Adimensional |
| RoturaDuctoLGN | STEP(0, 0.25) | Barriles/mes |

| | | |
|-------------------------|--|--------------|
| TTranspLGN | 0.4 | Adimensional |
| LGN Transportado | 23,753,471.6 | Barriles |
| Transportando GNS | $\text{GNH_Almacenado_Malvinas} * \text{TTransporte_GNS}$ | Barriles/mes |
| TTranspGNS | 0.3 | Adimensional |
| GNS Transportado | 2,104,833,333 | Barriles |
| TProducirGNL | IF(IndiceCapacidad>=1) THEN 0 ELSE 0.85 | Adimensional |
| Tdistrib | 1-TProducirGNL | Adimensional |
| DistribGNS | $\text{Tdistrib} * \text{GNS_Transportado}$ | Barriles/mes |
| Mercado Local | 38,740.513 | Barriles |
| Produciendo GNL | $\text{GNS_Transportado} * \text{TProducirGNL}$ | Barriles/mes |
| IndiceCapacidad | $\text{GNL_Almacenado} / \text{CapacidadLimiteAlmacGNL}$ | Adimensional |
| GNL ProducidoMelchorita | 29,235.1 | Barriles |
| Almacenando GNL | $\text{GNL_Producido_Melchorita} * \text{TAlmacenaGNL}$ | Barriles/mes |
| TAlmacenaGNL | 0.75 | Adimensional |
| CapacidadLimiteAlmacGNL | 1,588,757 | Barriles |
| GNL Almacenado | 107,631.3 | Barriles |
| Exportando GNL | 938,000 | Barriles/mes |
| Texportacion GNL | 0.8 | Adimensional |
| GNL Exportado | 65,274,000 | Barriles |
| ProbOleaje anomalo | NORMAL(0.5, 0.15, 0.2) | Adimensional |
| GLP Producido Pisco | 16,703,301.55 | Barriles |

| | | |
|--|---|--------------|
| Transportando GLP por tierra al Sur | GLP_Producido_Pisco*Ttransporte_GLP_por_tierra_Sur | Barriles/mes |
| GLP transportado por tierra al Sur | 62,040 | Barriles |
| Almacenando GLP transportado al Sur | GLP_transportado_por_tierra_al_Sur* TAlmacenamientoGLPtransportado_al_Sur | Barriles/mes |
| TAlmacenamientoGLPtransportado al Sur | 0.7 | Adimensional |
| Abastecimiento GLP transportado al sur | 25,000 | Barriles |
| Ttransporte GLP por tierra Sur | 0.3 | Adimensional |
| Transportando GLP por mar | IF(ProbOleaje_anomalo>=0.95) THEN STEP(0, 0.25) ELSE GLP_Producido_Pisco*TTtransporte_maritimo_GLP | Barriles/mes |
| TTtransporte marítimo GLP | 0.7 | Adimensional |
| GLP transportado por mar | 8,629,131 | Barriles |
| AbasteciendoGLPCentro | GLP_transportado_por_mar*TabasteCentro | Barriles/mes |
| TabasteCentro | 0.3 | Adimensional |
| AbastecimientoGLPCentro | 200,000 | Barriles |

Fuente: Elaboración propia

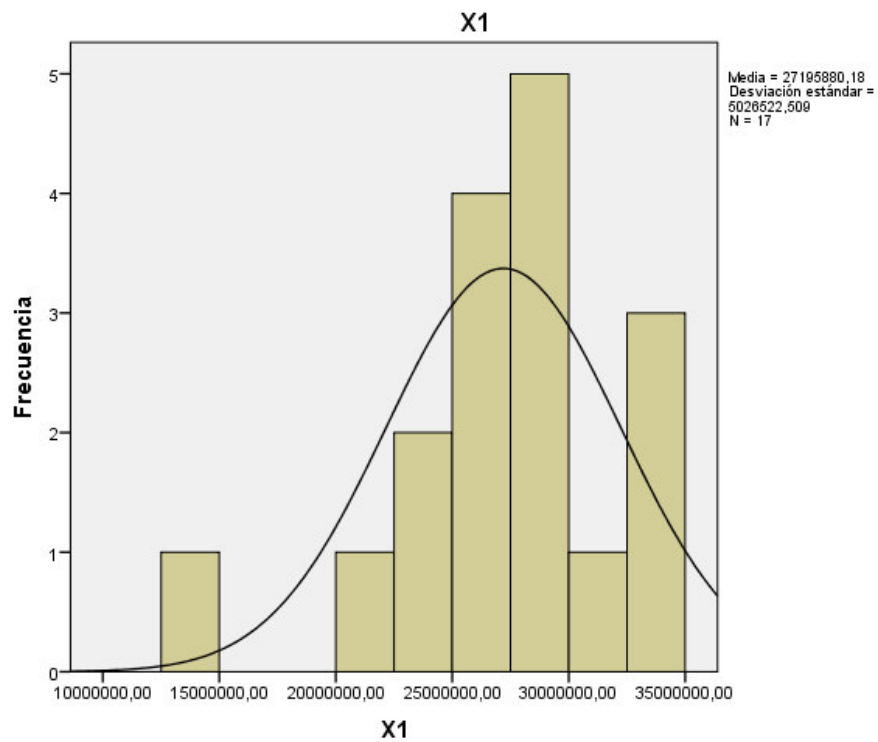


Figura 1. **Histograma de frecuencia de X1**

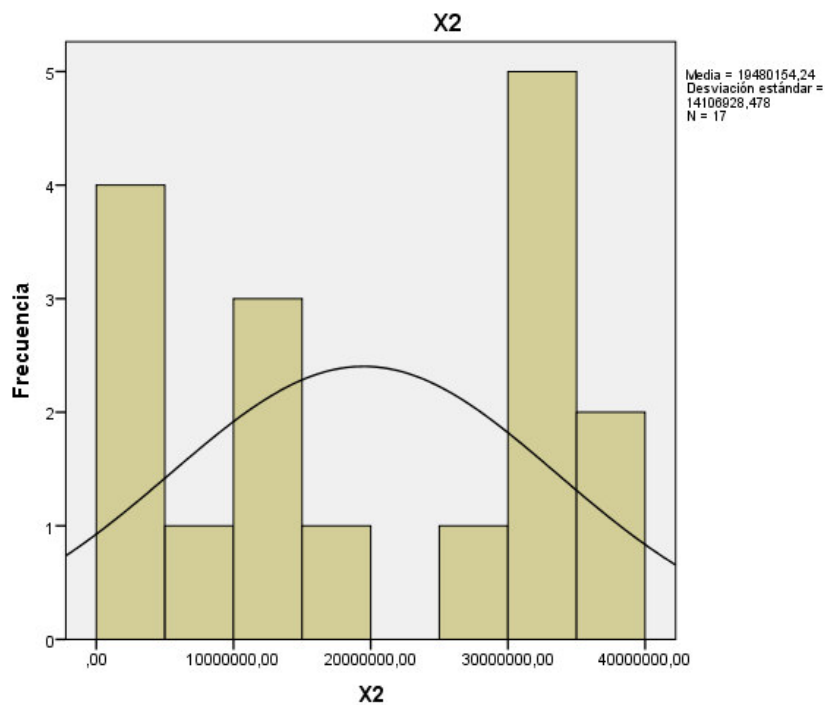


Figura 2. **Histograma de frecuencia de X2**

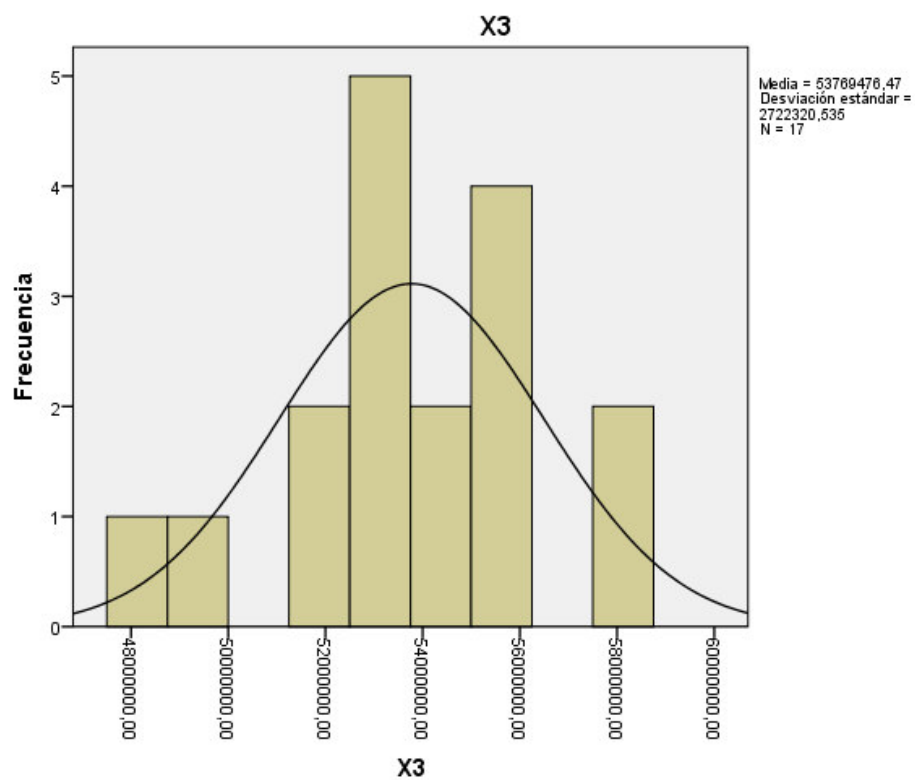


Figura 3. *Histograma de frecuencia de X3*

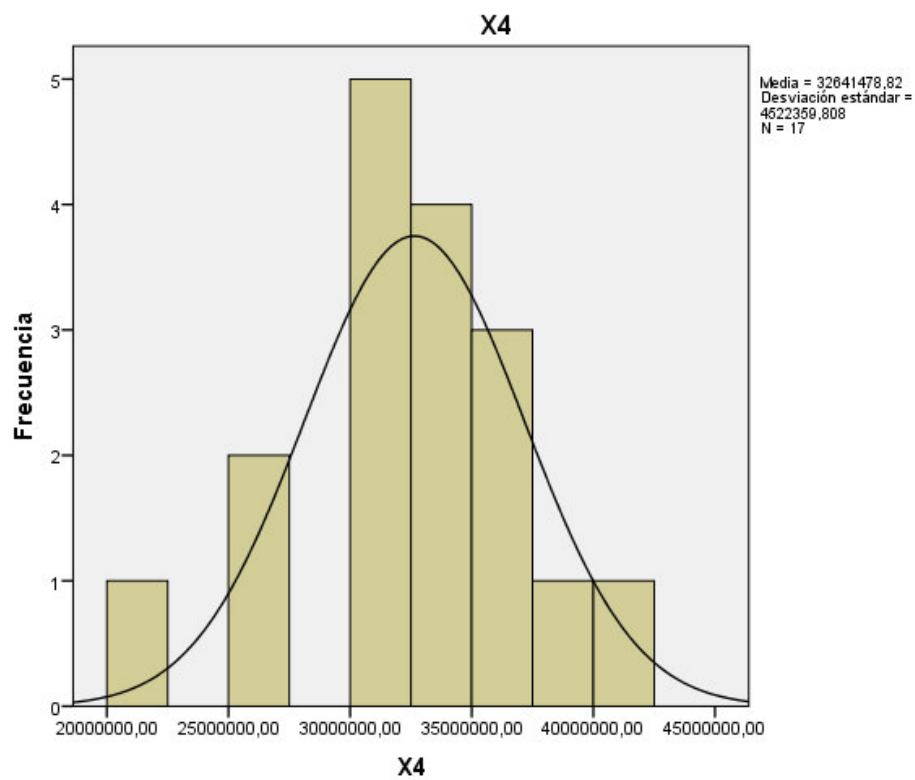


Figura 4. *Histograma de frecuencia de X4*

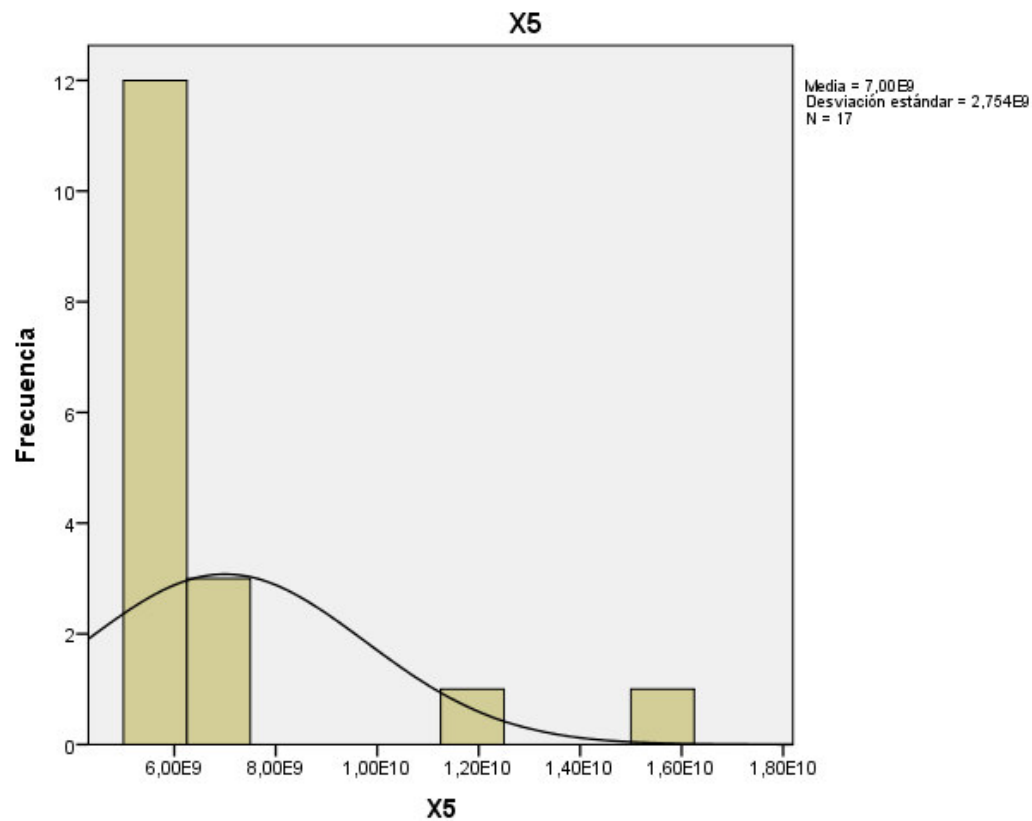


Figura 5. **Histograma de frecuencia de X5**

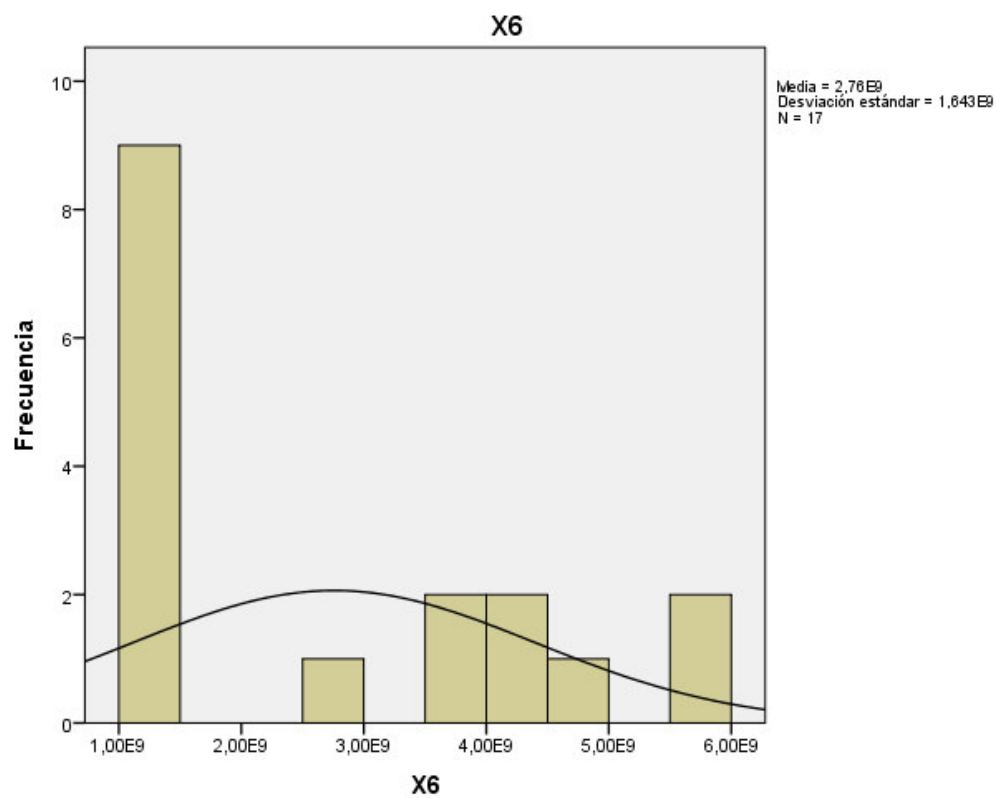


Figura 6. **Histograma de frecuencia de X6**

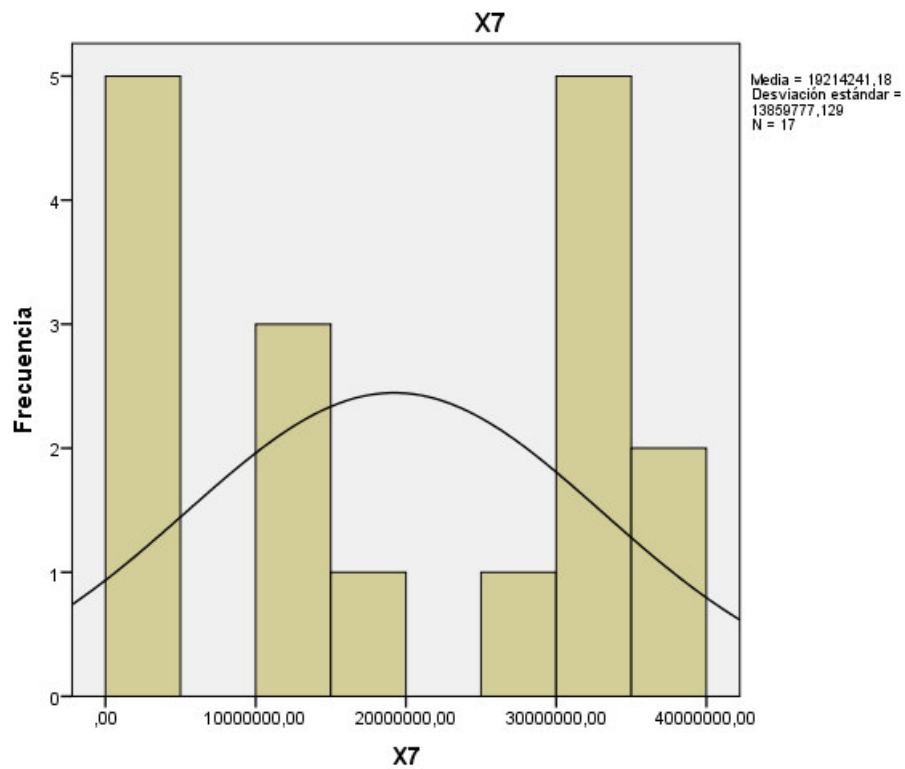


Figura 7. **Histograma de frecuencia de X7**

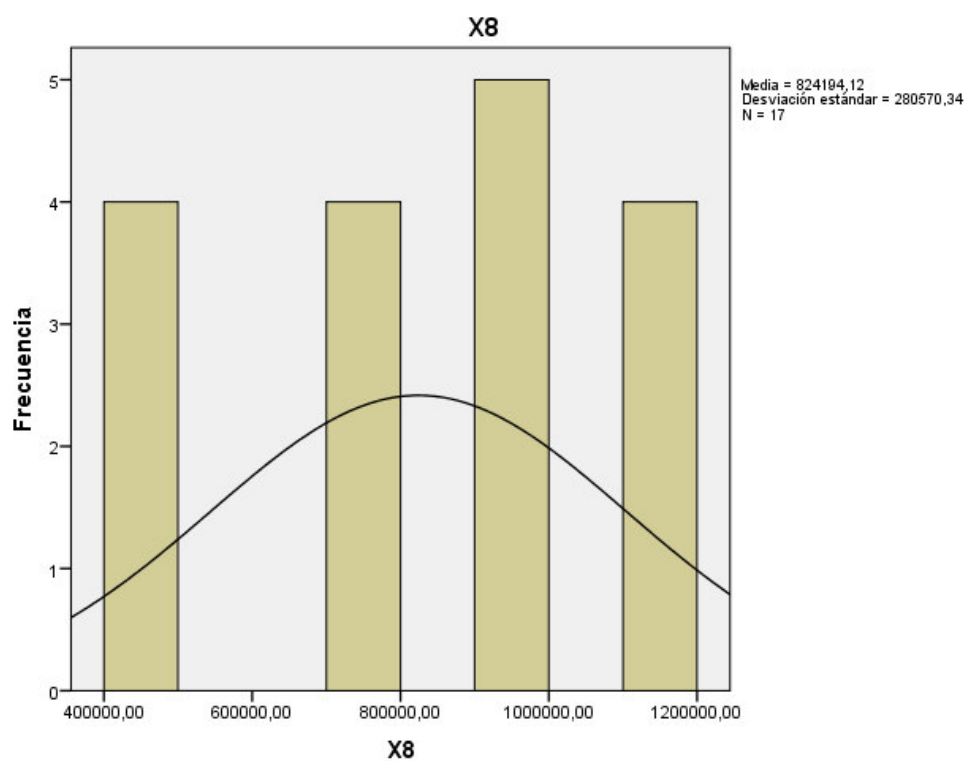


Figura 8. **Histograma de frecuencia de X8**

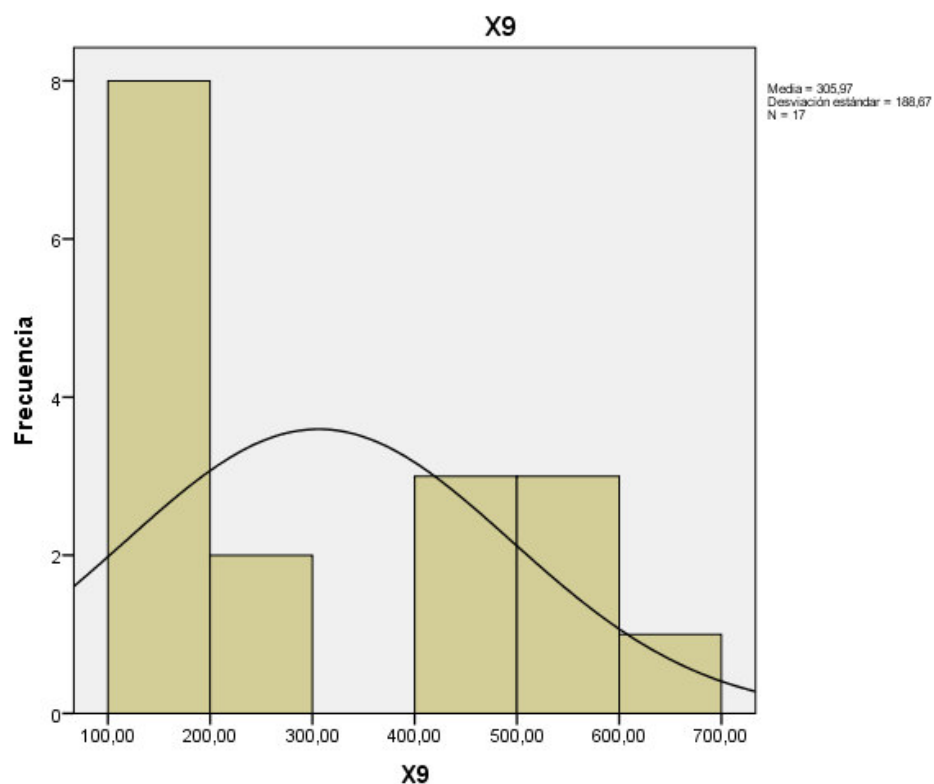


Figura 9. **Histograma de frecuencia de X9**

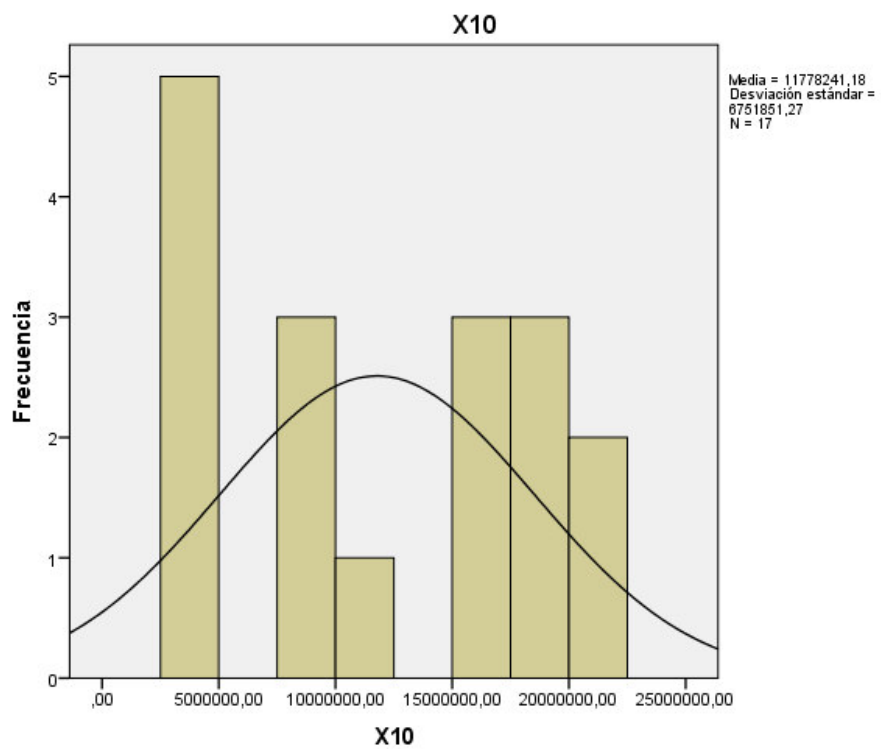


Figura 10. **Histograma de frecuencia de X10**

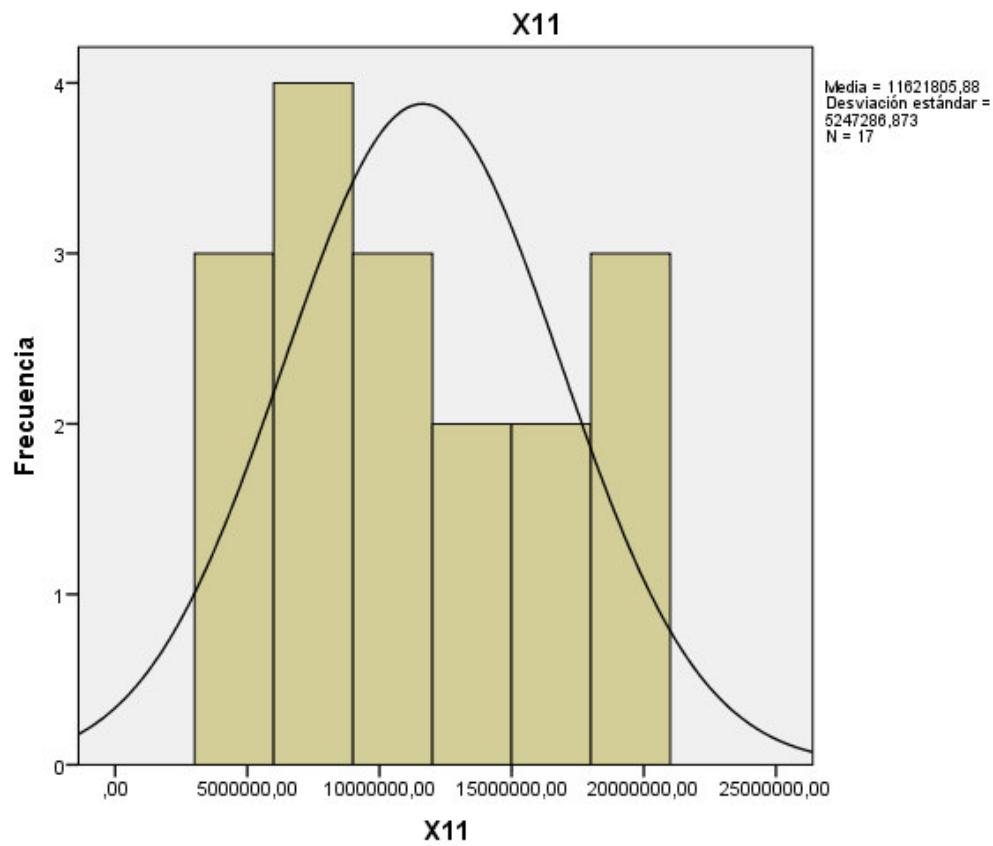


Figura 11. *Histograma de frecuencia de X11*

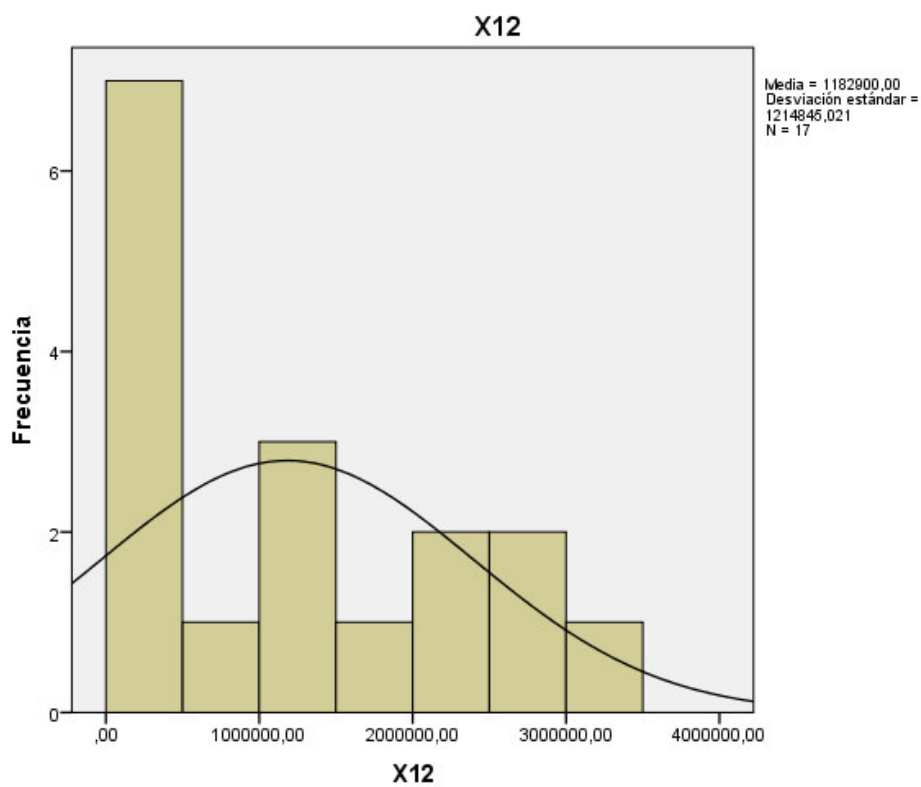


Figura 12. *Histograma de frecuencia de X12*

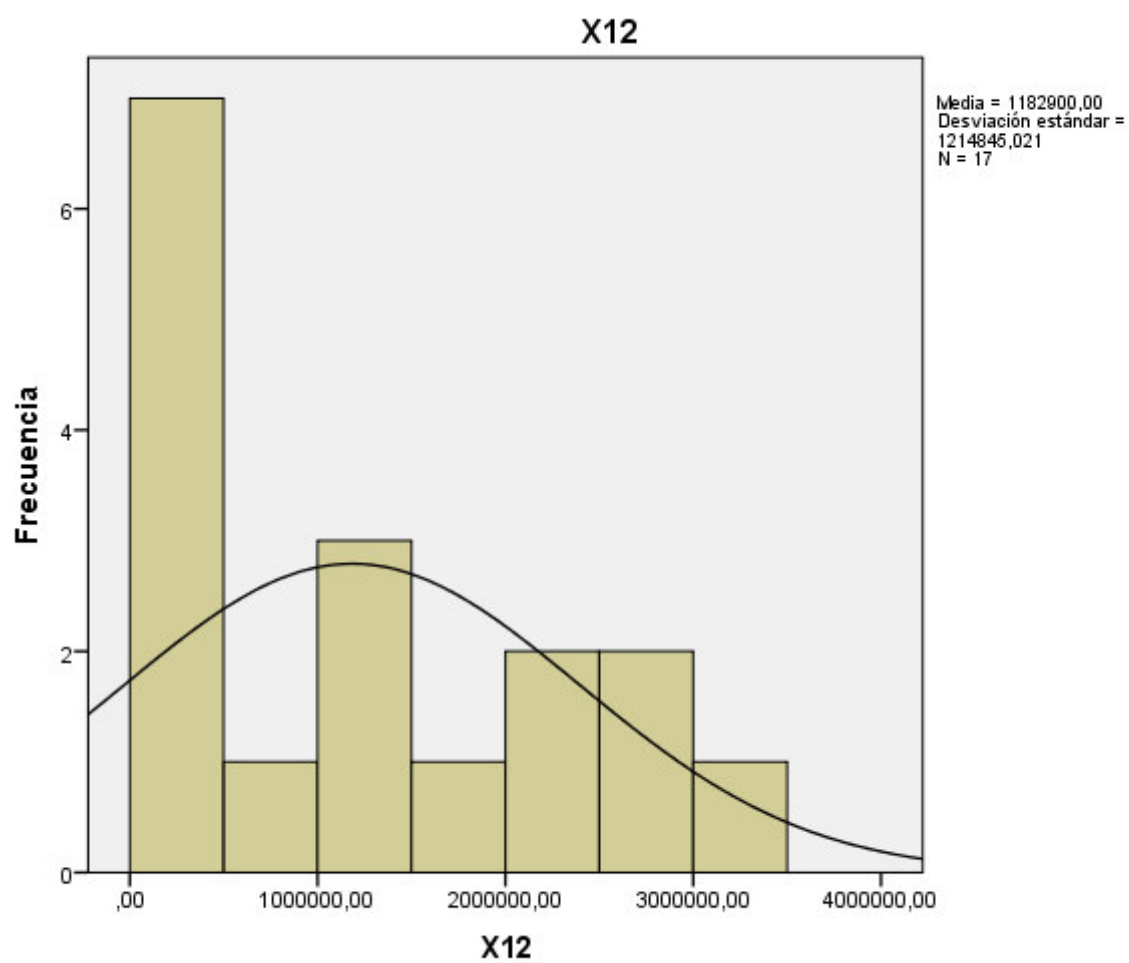


Figura 13. *Histograma de frecuencia de X13*

Anexo C. Prueba de Kolmogórov-Smirnov

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

| | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 | X7 | X8 | X9 | X10 | X11 | X12 | X13 |
|------------------------------------|---------------------|-------------------|---------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|-------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| N | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 |
| Parámetros normales ^{a,b} | | | | | | | | | | | | | |
| Media | 27195880,18 | 19480154,24 | 53769476,47 | 32641478,82 | 7001548059 | 2756549353 | 19214241,18 | 824194,1176 | 305,9700 | 11778241,18 | 11621805,88 | 1182900,000 | 139898800,0 |
| Desviación estándar | 5026522,509 | 14106928,48 | 2722320,535 | 4522359,808 | 2754205858 | 1643070441 | 13859777,13 | 280570,3398 | 188,66986 | 6751851,270 | 5247286,873 | 1214845,021 | 102186239,7 |
| Máximas diferencias extremas | | | | | | | | | | | | | |
| Absoluta | ,118 | ,191 | ,133 | ,126 | ,406 | ,323 | ,204 | ,155 | ,237 | ,180 | ,128 | ,227 | ,136 |
| Positivo | ,118 | ,138 | ,109 | ,068 | ,406 | ,323 | ,188 | ,155 | ,237 | ,147 | ,128 | ,227 | ,136 |
| Negativo | -,117 | -,191 | -,133 | -,126 | -,303 | -,194 | -,204 | -,155 | -,168 | -,180 | -,122 | -,165 | -,099 |
| Estadístico de prueba | ,118 | ,191 | ,133 | ,126 | ,406 | ,323 | ,204 | ,155 | ,237 | ,180 | ,128 | ,227 | ,136 |
| Sig. asintótica (bilateral) | ,200 ^{c,d} | ,099 ^c | ,200 ^{c,d} | ,200 ^{c,d} | ,000 ^c | ,000 ^c | ,059 ^c | ,200 ^{c,d} | ,012 ^c | ,145 ^c | ,200 ^{c,d} | ,020 ^c | ,200 ^{c,d} |
| Significación exacta (bilateral) | ,950 | ,502 | ,885 | ,918 | ,005 | ,045 | ,424 | ,752 | ,252 | ,578 | ,908 | ,296 | ,872 |
| Probabilidad en el punto | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 |

a. La distribución de prueba es normal.

b. Se calcula a partir de datos.

c. Corrección de significación de Lilliefors.

d. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

- La prueba de **Kolmogórov-Smirnov** (también prueba **K-S**) es una prueba no paramétrica que determina la bondad de ajuste de dos distribuciones de probabilidad entre sí y es más sensible a los valores cercanos a la mediana que a los extremos de la distribución.
- Se comprueba el nivel de significancia con el valor de la significación exacta; si es menor que 0.05, la distribución no es normal, si es mayor que 0.05 la distribución es normal.
- Los valores de significación exacta bilateral para X5 y X6 muestran que estas dos variables no pasan la prueba de normalidad. Ello también sustenta su eliminación durante la etapa de reducción de variables y la posterior aplicación del análisis factorial por extracción de componentes principales.